

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO Y
AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS
CENTROS POBLADOS RURALES DE CULQUI Y CULQUI ALTO EN
EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA – PIURA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. GUSTAVO NOLBERTO SAAVEDRA VALLADOLID

ASESOR:

ING. JULIAN DIENTSMEIER LEON

PIURA, PERÚ

2018



HOJA DE REGISTRO DE FIRMAS

Tesis presentada como requisito para optar el título de Ingeniero Civil:

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL
SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES DE
CULQUI Y CULQUI ALTO EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE
AYABACA – PIURA”**



ING. MARIA JOSEFA GUTIERREZ ADRIANZEN M.Sc.
PRESIDENTE



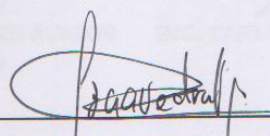
ING. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS
SECRETARIO



ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO
VOCAL



ING. JULIAN DIENSTMAIER LEON
ASESOR



BACH. GUSTAVO N. SAAVEDRA VALLADOLID
TESISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Facultad de Ingeniería Civil
DECANATO

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por el ex alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura.

**BACH. SAAVEDRA VALLADOLID GUSTAVO
NOLBERTO**

TESIS TITULADA

**"PROPUESTA TECNICA PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL
SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES
DE CULQUI Y CULQUI ALTO EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA
DE AYABACA- PIURA"**

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, lo declaran

Aprobado con el calificativo de Bueno

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado:

Abto

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 22 de febrero de 2018.

**ING. MARIA JOSEFA GUTIERREZ ADRIANZEN M.Sc.
PRESIDENTE**

**ING. LUIS ALBERTO BENITES AVALOS
SECRETARIO**

**ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO
VOCAL**

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis es dedicado a Dios por darme la voluntad, paciencia y dedicación de seguir adelante con mis objetivos profesionales.

A mis padres quienes me han brindado su apoyo incondicional en mi formación personal y profesional; y a mis hermanos que gracias a su apoyo siempre me han impulsado por buscar el éxito.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Julián Dientsmaier León, por su confianza, por el aporte de sus conocimientos y el apoyo desinteresado a lo largo de toda la elaboración de la tesis, y además por su excelente labor como docente en los cursos impartidos durante mi carrera profesional.

Un agradecimiento especial a mí Jurado de Tesis: Ing. Josefa Gutiérrez, Ing. Luis Benites y Ing. Carlos Silva, por las revisiones de los contenidos de anteproyecto y proyecto de tesis y por sus valiosos comentarios.

A mi hermana Jessica por su apoyo continuo en la elaboración de mi anteproyecto y proyecto de tesis.

A Jimena por su apoyo continuo y paciencia durante estos meses de elaboración de la tesis.

Y gracias también a mis amigos por haber colaborado con sus ánimos.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

La presente tesis tiene como propósito contribuir técnicamente con una solución a la distribución de agua potable a las viviendas de los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto, en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca – Piura, teniendo en cuenta criterios de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales de nuestra región y respetando las normas descritas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

La tesis tiene dos componentes principales: la evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua potable actuales de ambos centros poblados rurales y las propuestas técnicas para mejorar y ampliar los sistemas de abastecimiento de agua potable.

En la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de Culqui Alto se concluyó que es un Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad sin tratamiento y se necesita el diseño de los siguientes componentes: línea de conducción, reservorio, línea de aducción y redes de distribución y en el sistema de abastecimiento de agua potable de Culqui es un Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad con tratamiento y se necesita el diseño de la línea de aducción y de la redes de agua potable.

Y finalmente en la propuesta técnica se obtiene los diseños definitivos de los componentes del Sistema de agua potable de Culqui Alto: línea de conducción, reservorio, líneas de aducción y redes de distribución y en Culqui obtuvimos el diseño de la línea de aducción y de su red de distribución.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to technically contribute with a solution to the distribution of drinking water for the homes of the rural towns of Culqui and Culqui Alto, in the district of Paimas, province of Ayabaca - Piura, taking into account design criteria for supply of systems potable water for rural areas of our region and respecting the standards described in the National Building Regulations.

The thesis has two main components: the evaluation of the current drinking water supply systems of both rural population centers and the technical proposals to improve and expand the drinking water supply systems.

In the evaluation of Culqui Alto's potable water supply system, it was concluded that it is a potable water supply system by gravity without treatment and the design of the following components is needed: line of conduction, reservoir, adduction line and networks of distribution and in Culqui's potable water supply system is a potable water supply system by gravity with treatment and the design of the adduction line and drinking water networks is needed.

Finally, in the technical proposal, the final designs of Culqui Alto's drinking water system components are obtained: line of conduction, reservoir, adduction lines and distribution networks and in Culqui we obtained the design of the adduction line and its distribution network.

INDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| INTRODUCCION | 2 |
| CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1. Descripción del Problema | 3 |
| 1.2. Delimitación del Proyecto..... | 4 |
| 1.4. Objetivos | 6 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 6 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 6 |
| 1.5. Justificación..... | 7 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| 2.1. Distribución del agua en la naturaleza | 8 |
| 2.1.1. Constitución de la hidrosfera | 8 |
| 2.1.2. El ciclo hidrológico..... | 9 |
| 2.2. Usos y características del agua potable | 10 |
| 2.2.1. Usos del agua | 10 |
| 2.2.2. Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano..... | 11 |
| 2.3. Sistemas de abastecimiento de agua potable..... | 17 |
| 2.3.1. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad..... | 18 |
| 2.3.2. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo..... | 22 |
| 2.4. Parámetros para el diseño de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable..... | 26 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.4.1. | Período de Diseño..... | 26 |
| 2.4.2. | Población futura o de diseño..... | 27 |
| 2.4.3. | Demanda de agua..... | 30 |
| 2.5. | Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable | 34 |
| 2.5.1. | Captación de fuentes de agua..... | 34 |
| 2.5.2. | Línea de conducción | 35 |
| 2.5.3. | Reservorio de almacenamiento | 40 |
| 2.5.4. | Red de distribución | 42 |
| CAPÍTULO III..... METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE 47 | | |
| 3.2. | Población en estudio..... | 48 |
| 3.3. | Recolección de Información..... | 48 |
| 3.3.1. | Recolección de información histórica..... | 48 |
| 3.3.2. | Levantamiento topográfico | 49 |
| 3.3.3. | Padrón beneficiario | 49 |
| 3.3.5. | Recolección y análisis de muestras de agua | 56 |
| 3.4. | Procesamiento y análisis de datos | 56 |
| 3.4.1. | Análisis de datos históricos e información del padrón beneficiario | 56 |
| 3.4.2. | Evaluación física de los componentes del sistema de agua potable | 57 |
| CAPÍTULO IV..... EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE LOS SERV. DE AGUA POTABLE | | |
| | | 58 |

| | | |
|--|--|-----|
| 4.1. | Información de los Centros Poblados Rurales de Culqui y Culqui Alto..... | 58 |
| 4.1.1. | Ubicación geográfica del proyecto | 58 |
| 4.1.2. | Población del proyecto..... | 60 |
| 4.1.3. | Características físicas de los centros poblados rurales | 60 |
| 4.1.4. | Características Económicas | 64 |
| 4.1.5. | Características Sociales..... | 65 |
| 4.1.6. | Características Culturales..... | 66 |
| 4.2. | Evaluación del sistema de agua potable | 68 |
| 4.2.1. | Evaluación del Sistema de Agua potable de Culqui Alto | 68 |
| 4.2. | Evaluación de la calidad física, química y biológica del agua..... | 84 |
| 4.3. | Conclusiones de la Evaluación del Sistema actual de abastecimiento de agua | 85 |
| CAPÍTULO V. PROPUESTA TÉCNICA TECNICA PARA MEJORAR Y AMPLIAR LOS SIST. DE ABAST. DE AGUA POTABLE” | | 87 |
| 5.1. | Parámetros de diseño..... | 87 |
| 5.1.1. | Período de diseño..... | 87 |
| 5.1.4. | Dotación..... | 103 |
| 5.1.5. | Variaciones de Consumo | 103 |
| 5.1.6. | Caudales de diseño..... | 104 |
| 5.2. | Diseño de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable | 105 |
| 5.2.1. | Captación tipo manantial de ladera..... | 105 |
| 5.2.2. | Diseño de la nueva línea de conducción | 110 |

| | | |
|--|--|-----|
| 5.2.3. | Diseño hidráulico del reservorio apoyado de almacenamiento y regulación .. | 128 |
| 5.2.4. | Diseño de la redes de distribución de agua potable | 129 |
| CAPÍTULO VI.....CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | |
| | | 168 |
| 6.1. | CONCLUSIONES | 168 |
| 6.2. | RECOMENDACIONES | 170 |
| BIBLIOGRAFIA | | 171 |
| ANEXOS | | |
| ANEXO I POBLACIÓN BENEFICIARIA | | |
| ANEXO II ANALISIS DE CALIDAD E AGUA | | |
| ANEXO III PARAMETROS DE DISEÑO | | |
| ANEXO IV DISEÑO HIDRAULICO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE | | |
| ABASTECIMIENTO | | |
| ANEXO V PLANOS | | |

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabla 2. 1 Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos | 14 |
| Tabla 2. 2 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica | 14 |
| Tabla 2. 3 “Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos” | 15 |
| Tabla 2. 4 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento” | 19 |
| Tabla 2. 5 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento” | 21 |
| Tabla 2. 6 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento” | 23 |
| Tabla 2. 7 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento” | 25 |
| Tabla 2. 8 “Dotación de agua según RNE – l/háb/día” | 31 |
| Tabla 2. 9 “Dotación de agua según MEF l/háb/día” | 32 |
| Tabla 2. 10 “Caudal de diseño para las estructuras de agua potable” | 33 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| Tabla 3. 1 "Formato de Evaluación de Captación" | 50 |
| Tabla 3. 2 "Formato de Evaluación de la línea de conducción" | 51 |
| Tabla 3. 3 "Formato de evaluación del Reservorio apoyado" | 52 |
| Tabla 3. 4 "Formato de evaluación de red de distribución" | 53 |
| Tabla 3. 5 "Formato para la evaluación de cámaras rompe presión" | 54 |
| Tabla 3. 6 "Formato para la evaluación de cámara de reunión" | 55 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|----|
| Tabla 4. 1 “Centros educativos en las localidades de Culqui – Culqui alto” | 67 |
| Tabla 4. 2 “Prueba de aforamiento en la Captación Masas” | 68 |
| Tabla 4. 3 “Evaluación de la captación Masas” | 69 |
| Tabla 4. 4 “Prueba de Aforamiento de la Captación Potrancas” | 70 |
| Tabla 4. 5 “Evaluación de la captación Potrancas” | 71 |
| Tabla 4. 6 “Evaluación de la cámara de reunión” | 72 |
| Tabla 4. 7 “Evaluación de la cámara rompe presión” | 73 |
| Tabla 4. 8 “Evaluación de la línea de conducción” | 75 |
| Tabla 4. 9 “Evaluación de reservorio apoyado” | 77 |
| Tabla 4. 10 “Evaluación de captación Canal Quiroz” | 81 |

CAPÍTULO V

| | |
|---|----|
| Tabla 5. 1 “Vida útil de los elementos del sistema de agua potable” | 87 |
| Tabla 5. 2 “Población actual de los centros poblados en estudio” | 88 |
| Tabla 5. 3 “Población según el INEI de los centros poblados en estudio” | 89 |
| Tabla 5. 4 “Población proyectada de Culqui alto – Método Lineal” | 90 |
| Tabla 5. 5 “Población proyectada de Culqui alto – Método Geométrico” | 91 |
| Tabla 5. 6 “Población proyectada de Culqui alto – Método Wappus” | 92 |
| Tabla 5. 7 “Población proyectada de Culqui alto – Método Logarítmico” | 93 |
| Tabla 5. 8 “Población proyectada de Culqui alto – Resumen” | 94 |
| Tabla 5. 9 “Población según el INEI de los centros poblados en estudio” | 96 |
| Tabla 5. 10 “Población proyectada de Culqui – Método Lineal” | 97 |
| Tabla 5. 11 “Población proyectada de Culqui – Método Geométrico” | 98 |
| Tabla 5. 12 “Población proyectada de Culqui – Método Wappus” | 99 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5. 13 “Población proyectada de Culqui – Método Logarítmico” | 100 |
| Tabla 5. 14 “Población proyectada de Culqui – Resumen” | 101 |
| Tabla 5. 15 “Dotación promedio diaria anual por habitante” | 103 |
| Tabla 5. 16 “Aforamiento de la Captación Masas – Método volumétrico” | 106 |
| Tabla 5. 17 “Aforamiento de la Captación Potrancas – Método volumétrico” | 108 |
| Tabla 5. 18 “Datos y resultados del diseño de Línea de Conducción 01” | 114 |
| Tabla 5. 19 “Resultados del diseño hidráulico por progresivas de la Línea de Conducción 01” | 115 |
| Tabla 5. 20 “Datos y resultados del diseño de Línea de Conducción 02” | 119 |
| Tabla 5. 21 “Resultados del diseño hidráulico por progresivas de la Línea de Conducción 02” | 120 |
| Tabla 5. 22 “Datos y resultados del diseño de Línea de Conducción 02” | 124 |
| Tabla 5. 23 “Resultados del diseño hidráulico por progresivas de la Línea de Conducción 02” | 125 |
| Tabla 5. 24 “Descripción de las tuberías de la red de agua potable – Culqui Alto” | 133 |
| Tabla 5. 25 “Demanda por tramos de la red de agua potable – Culqui Alto” | 135 |
| Tabla 5. 26 “Demanda por nudos de la red de agua potable – Culqui Alto” | 135 |
| Tabla 5. 27 “Caudal circulantes por tramos de la red de agua potable – Culqui Alto” | 136 |
| Tabla 5. 28 “Datos y resultados del diseño de Línea de aducción” | 139 |
| Tabla 5. 29 “Cálculo de diámetros de la red de agua potable – Culqui Alto” | 140 |
| Tabla 5. 30 “Cálculo de las mallas por el método de Hardy Cross – 1era iteración” | 142 |
| Tabla 5. 31 “Cálculo de las mallas por el método de Hardy Cross – 2da – 3era iteración” .. | 143 |
| Tabla 5. 32 “Cálculo de las mallas por el método de Hardy Cross – 4ta – 5ta iteración” | 144 |
| Tabla 5. 33 “Resultados de las mallas por el método de Hardy Cross” | 145 |
| Tabla 5. 34 “Resultados de los nudos – WaterCAD V8i” | 146 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 5. 35 “Resultados de las tuberías – WaterCAD V8i” | 147 |
| Tabla 5. 36 “Descripción de las tuberías” | 151 |
| Tabla 5. 37 “Demanda por tuberías” | 153 |
| Tabla 5. 38 “Demanda por nudos – Red de agua potable - Culqui” | 155 |
| Tabla 5. 39 “Caudales por tuberías – Red de agua potable - Culqui” | 157 |
| Tabla 5. 40 “Calculo hidráulico de la Red de agua potable - Culqui” | 160 |
| Tabla 5. 41 “Resultados de los nudos – WaterCAD V8i” | 164 |
| Tabla 5. 42 “Resultados de las tuberías – WaterCAD V8i” | 166 |

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

| | |
|---|---|
| Figura 1. 1 “Centros Poblados Rurales Culqui – Culqui Alto” | 5 |
|---|---|

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1 “Distribución del agua en la tierra” | 8 |
| Figura 2. 2 “Ciclo hidrológico del agua” | 10 |
| Figura 2. 3 “Sistema de agua potable convencional” | 17 |
| Figura 2. 4 “Sistema de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento” | 19 |
| Figura 2. 5 “Sistema de Abastecimiento por Gravedad con Tratamiento” | 21 |
| Figura 2. 6 “Sistema de Abastecimiento por bombeo sin tratamiento” | 23 |
| Figura 2. 7 “Sistema de Abastecimiento por bombeo con tratamiento” | 25 |
| Figura 2. 8 “Perfil longitudinal de una línea conducción” | 36 |
| Figura 2. 9 “Presiones máximas de trabajo para diferentes clases de tubería de PVC” | 39 |

CAPÍTULO IV

| | |
|---|----|
| Figura 4. 1 “Distribución del Departamento de Piura por provincias” | 58 |
| Figura 4. 2 “Distribución de la provincia de Ayabaca por distritos” | 59 |
| Figura 4. 3 “Ruta de acceso desde la ciudad de Piura hasta la ciudad de Paimas” | 61 |
| Figura 4. 4 “Ubicación de la PTAP – Culqui” | 82 |
| Figura 4. 5 “PTAP – distribución” | 83 |

CAPÍTULO V

| | |
|---|-----|
| Figura 5. 1 “Población proyectada de Culqui alto – Resumen” | 95 |
| Figura 5. 2 “Población proyectada de Culqui – Resumen” | 102 |
| Figura 5. 3 “Identificación de los nudos en la línea de aducción – red” | 131 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5. 4 “Identificación de las tuberías en la línea de aducción – red” | 131 |
| Figura 5. 5 “Identificación de los nudos en la línea de aducción – red” | 149 |
| Figura 5. 6 “Identificación de las tubería en la línea de aducción – red” | 149 |

INTRODUCCION

El servicio de agua potable constituye uno de los servicios básicos para la población y es importante porque proporciona una mejora sustancial en la calidad de vida y cuando se brinda un servicio de calidad va a promover cambios de hábitos de higiene, con el propósito de disminuir las enfermedades diarreicas y contribuir con la erradicación de la desnutrición. Además, el acceso y uso del servicio de agua potable contribuye en el desarrollo de las actividades domésticas de la comunidad y mejora sus capacidades productivas, comerciales e industriales.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), la falta de cobertura de agua potable en zonas rurales del Perú es de 61.2%, por lo tanto se puede apreciar que existe una situación crítica en los sistemas implementados en las zonas rurales debido a la falta de sostenibilidad de la infraestructura y la capacitación de la población.

Es por ello, que los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto ubicados en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, presentan altos índices de pobreza y desnutrición infantil, reflejada en las carencias de los servicios básicos, principalmente el servicio de agua potable, lo que ha llevado que la población consuma aguas superficiales contaminadas la cual es causante de enfermedades gastrointestinales.

La presente tesis, tiene como objetivo principal la elaboración de un proyecto que contemple los componentes del Sistema de Agua Potable (captación, líneas de conducción y aducción, reservorios, redes de distribución), con su respectivo análisis hidráulico y propuestas, evaluando desde un punto de vista técnico realizable.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

Desde tiempos remotos el agua para la humanidad ha constituido un factor fundamental en el desarrollo y la estructuración política, social y económica de los pueblos, considerando que el agua es uno de los elementos fundamentales para la vida, gracias a ella el hombre ha podido desarrollarse; el hombre utiliza grandes cantidades de agua para sus actividades cotidianas (beber, cocinar, lavar, aseo personal, etc.) pero mucho más para producir alimentos, papel, ropa y demás productos que consume.

El acceso a los servicios de agua potable es un derecho fundamental de toda persona, sin embargo, aproximadamente una de cada tres personas sufre las consecuencias de no contar con un acceso adecuado a los servicios de agua potable, por lo tanto, la crisis del agua supone caminar a diario largas distancias para obtener agua potable suficiente, limpia o no, únicamente para salir adelante; Sobre todo en las zonas rurales más pobres de Piura, donde la carencia de este servicio es sinónimo de pobreza la cual origina diversos problemas: como el de salud, trastornos sociales y conflictos entre habitantes, lo que puede resumirse en lo comúnmente definido como una “baja calidad de vida”.

Las infraestructuras para las obras de abastecimiento de agua potable están limitadas en cuanto a la capacidad y años de servicios por sus características que fueron definidas al momento de su diseño y construcción. Además, el aumento de la población, el deterioro de los materiales y el mal uso de las instalaciones, provocan con frecuencia la

modificación o implementación de redes de distribución nuevas, en zonas rurales en las que el servicio de agua potable se ha vuelto precario.

Actualmente el centro poblado de Culqui Alto, presenta un sistema de agua potable por gravedad, alimentado por dos captaciones de agua destinada al consumo humano las cuales son: Masas y Potrancas. El sistema de agua potable posee una serie de deficiencias en el servicio de agua, que se pueden resumir en tres aspectos fundamentales: deficiente mantenimiento a las líneas de servicio de agua, carencia de obras de protección y personal inadecuado que opera el servicio, situación que se presenta por insuficientes recursos financieros y proyectos costosos que no permiten dar solución a la problemática presentada.

El centro poblado de Culqui, presenta un sistema de agua potable por gravedad, esta población se abastece de la captación del Canal Quiroz, agua que es tratada en una Planta de Tratamiento de Agua Potable para que pueda llegar en condiciones permisibles para el consumo humano, sin embargo, las redes de agua potable presentan deficiencias ya que no abastece a toda la población actual ya que hay tramos que no son abastecidos por las continuas roturas de tuberías.

1.2. Delimitación del Proyecto

El presente proyecto de investigación se realiza en los centros poblados de Culqui y Culqui Alto que se encuentran ubicados en el sur del distrito de Paimas, distrito que se encuentra ubicado al nor oeste de la provincia de Ayabaca, perteneciente al departamento de Piura.

El territorio destinado para la captación, conducción, almacenamiento y redes de distribución está ubicado en las áreas comunes de los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto.

Los centros poblados de Culqui y Culqui Alto, tienen los siguientes límites:

Por el Norte : Localidad de Tomapampa de Jambur.

Por el Sur : Localidad de Culqui Alto

Por el Este : Localidad Los Corrales

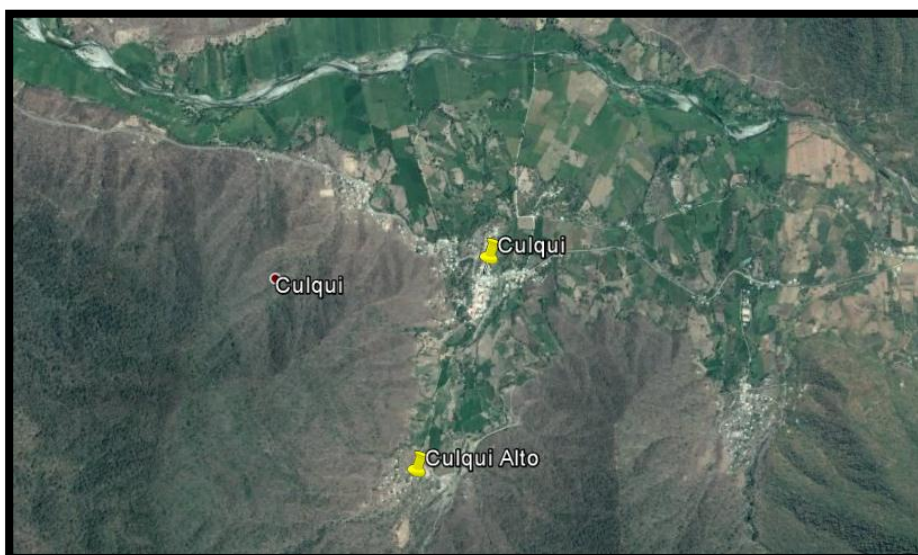
Por el Oeste : Localidad de Laureles

Las coordenadas UTM – WGS 84 Z -17 de los centros poblados son las siguientes:

Culqui Alto : 9 486 593 N 609 869 E

Culqui : 9 487 795 N 610 371 E

Figura 1. 1 “Centros Poblados Rurales Culqui – Culqui Alto”



1.3. Formulación del Problema

¿Cómo realizar la evaluación e implementar el diseño para mejorar y ampliar el transporte de agua potable en los centros poblados de Culqui y Culqui Alto?; ¿Qué parámetros se deben tener en cuenta para garantizar la calidad, cantidad y condiciones de vida de los habitantes del sector?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- ✓ Diseñar un sistema de transporte óptimo de agua potable de los centros poblados de Culqui y Culqui Alto en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, departamento de Piura.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Estudiar los sistemas de abastecimiento actuales de los centros poblados, con las problemáticas técnicas y sociales presentes en el área de estudio.
- ✓ Definir período de diseño del proyecto, población proyectada durante el período de diseño y caudales de diseño.
- ✓ Definir el tipo de captación dependiendo de la fuente de abastecimiento.
- ✓ Definir la capacidad de reservorio de almacenamiento.
- ✓ Definir las trayectorias, diámetros y materiales de las líneas de conducción y aducción.
- ✓ Definir la trayectoria, diámetros y materiales de la red de distribución.

1.5. Justificación

La ampliación significativa del acceso al consumo de agua potable en las zonas rurales de nuestro país es uno de los principales desafíos que debemos enfrentar todas aquellas instituciones y profesionales, que estamos comprometidos en la mejora de la calidad de vida en la mayoría de la población.

La deficiencia de las instalaciones de agua potable de los centros poblados de Culqui y Culqui Alto, ha provocado un descenso en la calidad de vida en sus pobladores, lo que se ha manifestado en problemas que van desde la salud a conflictos personales entre los mismos vecinos.

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable que contemple un estudio hidráulico detallado adaptado a los criterios de ingeniería. El estudio presentara el análisis hidráulico de las estructuras necesarias para el transporte del agua potable, dando como resultado los diámetros, trayectorias, materiales y accesorios que van a caracterizar cada tramo de tubería a instalar, para así concebir un proyecto técnico con una propuesta confiable para mejorar la calidad de vida de la población.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

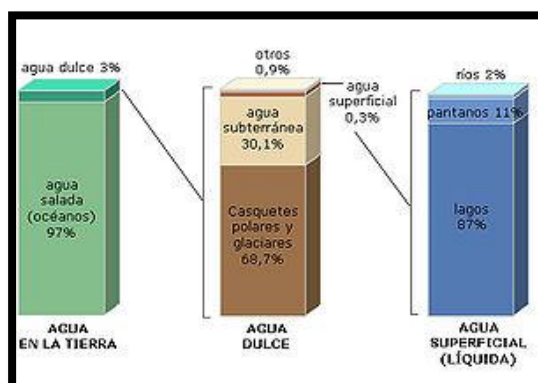
2.1. Distribución del agua en la naturaleza

El agua cubre tres cuartas partes (75%) de la superficie de la tierra. Se puede encontrar en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. (Fernandez, 2011)

2.1.1. Constitución de la hidrosfera

El 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos, mientras que el 3% restante porcentaje se reparte entre: capas de hielos, glaciares y aguas marítimas interiores, aguas subterráneas, atmosfera, humedad del suelo, lagos y ríos. Que se encuentran en las siguientes proporciones según el siguiente esquema: (Fernandez, 2011)

Figura 2. 1 “Distribución del agua en la tierra”



Considerando el agua no salina como el 100%, el 68.0% corresponde el agua capas de hielo, glaciares y aguas marítimas, el 30.8% pertenece al agua subterránea.

2.1.2. El ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmosfera y regresa en sus fases liquida y sólida. La transferencia de agua desde la superficie de la tierra hacia la atmosfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales. (Fernandez, 2011)

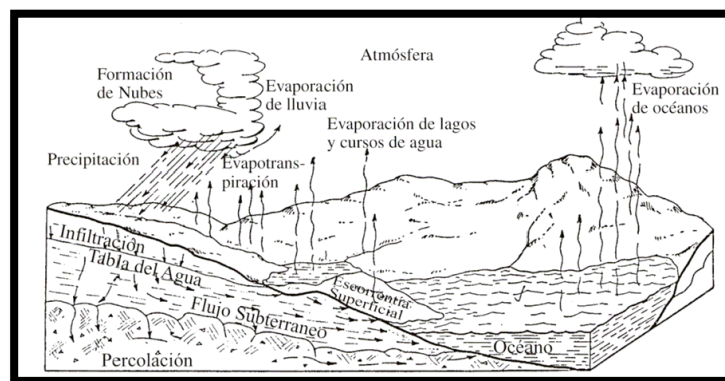
El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que puedan sobrepasar 1000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a precipitación. (Fernandez, 2011)

La precipitación puede ocurrir en la fase liquida (lluvia) o en la fase solida (nieve o granizo). El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmosfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno, escorrentía superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se infiltra penetrando en el interior del suelo; esta agua infiltrada puede volver a la atmosfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas. (Fernandez, 2011)

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van alimentar los cursos de agua que desembocan en lagos y en océanos. La escorrentía superficial se

presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. (Fernandez, 2011)

Figura 2. 2 “Ciclo hidrológico del agua”



2.2. Usos y características del agua potable

2.2.1. Usos del agua

Diariamente utilizamos grandes cantidades de agua, para propósitos diferentes: para beber, para lavar, para cocinar y otros muchos propósitos domésticos. Pero el agua se utiliza no solamente para los propósitos domésticos, los seres humanos utilizamos el agua por ejemplo, en la agricultura así como también en las industrias y en muchas otras actividades. (Carlos Barrios Napuri, 2009)

Los usos que se pueden dar el agua son varios entre ellos:

- a) Uso para consumo doméstico: se refiere al agua usada en las viviendas, este consumo depende principalmente del clima, el consumo doméstico se usa para nuestra alimentación, lavado de ropa, higiene personal y limpieza de las viviendas.
- b) Uso para consumo público: se refiere a la limpieza de calles, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.
- c) Uso para consumo en agricultura y ganadería: se refiere para el riego de campos, en ganadería como alimentación y limpieza de los animales.
- d) Uso para consumo comercial: se refiere al agua que se utiliza en zonas de comercio y servicios por personas que no habitan en ellas. Por lo tanto, de acuerdo al tipo de actividad comercial, los consumos variarían.
- e) Uso para consumo industrial: se refiere al agua que se utiliza para el uso de empresas, fábricas y hoteles, considerando la actividad industrial se puede dividir en dos tipos: industrial de servicios e industrial de producción.

2.2.2. *Calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano*

El agua potable es aquella que al consumirla no daña el organismo del ser humano ni daña los materiales a ser usados en la construcción del sistema. (Pittman, 1993)

Los requerimientos básicos para que el agua sea potable (Pittman, 1993)

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbidez, poco color, etc.)

- No salina.
- Que no contenga compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua y que no manche la ropa lavada con ella.

En cada país existen reglamentos en los que se consideran los límites de tolerancia en los requisitos que debe satisfacer una fuente; Con la finalidad de conocer la calidad de agua de la fuente que se pretende utilizar se deben realizar los análisis físico, químico y bacteriológico siendo necesario tomar muestras de agua, siguiendo las instrucciones que se dan a continuación. (Pittman, 1993)

Toma de muestra para el análisis físico y químicos (Pittman, 1993)

- Limpiar el área cercana al manantial eliminando la vegetación, cuerpos extraños, en un radio mayor al afloramiento.
- Ubicar el ojo del manantial y construir un embalse lo más pequeño posible utilizando para el efecto material libre de vegetación y dotarlo, en su salida, de un salto hidráulico para la obtención de la muestra.
- Retirar los cuerpos extraños que se encuentran dentro del embalse.
- Dejar de transcurrir un mínimo de 30 minutos entre el paso interior y la toma de muestra.
- Tomar la muestra en un envase de vidrio de boca ancha.
- Enviar las muestras al laboratorio lo más pronto posible, con tiempo límite de 72 horas.

Toma de muestra para el análisis bacteriológico (Pittman, 1993)

- Utilizar frascos de vidrio esterilizados proporcionados por el laboratorio.
- Si el agua de la muestra contiene cloro, solicitar un frasco para este propósito.
- Durante el muestreo, sujetar el frasco por el fondo, no tocar el cuello ni la tapa.
- Llenar el frasco sin enjuagarlo, dejando un espacio de un tercio (1/3) de aire.
- Tapar y colocar el capuchón del papel.
- Etiquetar con claridad los datos del remitente, localidad, nombre de la fuente, punto de muestreo, el nombre del muestreador y la fecha de muestreo.
- Enviar las muestras al laboratorio a la brevedad posible de acuerdo a las siguientes condiciones: 1 a 6 horas sin refrigeración y de 6 a 30 horas con refrigeración.

En los siguientes cuadros se presentan los límites máximos permisibles para que le agua sea apta para el consumo de acuerdo a las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos son los valores los mismos que establece el Ministerio de Salud. (Salud, 2010)

Tabla 2. 1 Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|---|---------------------|--------------------------|
| 1. Bacterias Coliformes Totales. | UFC/100 mL a 35°C | 0 (*) |
| 2. E. Coli | UFC/100 mL a 44,5°C | 0 (*) |
| 3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales. | UFC/100 mL a 44,5°C | 0 (*) |
| 4. Bacterias Heterotróficas | UFC/mL a 35°C | 500 |
| 5. Huevos y larvas de Helminths, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos. | Nº org/L | 0 |
| 6. Virus | UFC / mL | 0 |
| 7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos | Nº org/L | 0 |

UFC = Unidad formadora de colonias
 (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Tabla 2. 2 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|------------------------------|---|--------------------------|
| 1. Olor | --- | Aceptable |
| 2. Sabor | --- | Aceptable |
| 3. Color | UCV escala Pt/Co | 15 |
| 4. Turbiedad | UNT | 5 |
| 5. pH | Valor de pH | 6,5 a 8,5 |
| 6. Conductividad (25°C) | µmho/cm | 1 500 |
| 7. Sólidos totales disueltos | mgL ⁻¹ | 1 000 |
| 8. Cloruros | mg Cl ⁻ L ⁻¹ | 250 |
| 9. Sulfatos | mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹ | 250 |
| 10. Dureza total | mg CaCO ₃ L ⁻¹ | 500 |
| 11. Amoníaco | mg N L ⁻¹ | 1,5 |
| 12. Hierro | mg Fe L ⁻¹ | 0,3 |
| 13. Manganeseo | mg Mn L ⁻¹ | 0,4 |
| 14. Aluminio | mg Al L ⁻¹ | 0,2 |
| 15. Cobre | mg Cu L ⁻¹ | 2,0 |
| 16. Zinc | mg Zn L ⁻¹ | 3,0 |
| 17. Sodio | mg Na L ⁻¹ | 200 |

UCV = Unidad de color verdadero
 UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Tabla 2. 3 “Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos”

| Parámetros Orgánicos | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| 1. Trihalometanos totales (nota 3) | | 1,00 |
| 2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral | mgL ⁻¹ | 0,01 |
| 3. Aceites y grasas | mgL ⁻¹ | 0,5 |
| 4. Alacloro | mgL ⁻¹ | 0,020 |
| 5. Aldicarb | mgL ⁻¹ | 0,010 |
| 6. Aldrín y dieldrín | mgL ⁻¹ | 0,00003 |
| 7. Benceno | mgL ⁻¹ | 0,010 |
| 8. Clordano (total de isómeros) | mgL ⁻¹ | 0,0002 |
| 9. DDT (total de isómeros) | mgL ⁻¹ | 0,001 |
| 10. Endrín | mgL ⁻¹ | 0,0006 |
| 11. Gamma HCH (lindano) | mgL ⁻¹ | 0,002 |
| 12. Hexaclorobenceno | mgL ⁻¹ | 0,001 |
| 13. Heptacloro y heptacloroepóxido | mgL ⁻¹ | 0,00003 |
| 14. Metoxicloro | mgL ⁻¹ | 0,020 |
| 15. Pentaclorofenol | mgL ⁻¹ | 0,009 |
| 16. 2,4-D | mgL ⁻¹ | 0,030 |
| 17. Acrilamida | mgL ⁻¹ | 0,0005 |
| 18. Epiclorhidrina | mgL ⁻¹ | 0,0004 |
| 19. Cloruro de vinilo | mgL ⁻¹ | 0,0003 |
| 20. Benzopireno | mgL ⁻¹ | 0,0007 |
| 21. 1,2-dicloroetano | mgL ⁻¹ | 0,03 |
| Parámetros Orgánicos | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
| 23. Monocloramina | mgL ⁻¹ | 3 |
| 24. Tricloroetano | mgL ⁻¹ | 0,07 |
| 25. Tetracloruro de carbono | mgL ⁻¹ | 0,004 |
| 26. Ftalato de di (2-etilhexilo) | mgL ⁻¹ | 0,008 |
| 27. 1,2- Diclorobenceno | mgL ⁻¹ | 1 |
| 28. 1,4- Diclorobenceno | mgL ⁻¹ | 0,3 |
| 29. 1,1- Dicloroetano | mgL ⁻¹ | 0,03 |
| 30. 1,2- Dicloroetano | mgL ⁻¹ | 0,05 |
| 31. Diclorometano | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 32. Ácido edético (EDTA) | mgL ⁻¹ | 0,6 |
| 33. Etilbenceno | mgL ⁻¹ | 0,3 |
| 34. Hexaclorobutadieno | mgL ⁻¹ | 0,0006 |
| 35. Acido Nitrilotriacético | mgL ⁻¹ | 0,2 |
| 36. Estireno | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 37. Tolueno | mgL ⁻¹ | 0,7 |
| 38. Xileno | mgL ⁻¹ | 0,5 |
| 39. Atrazina | mgL ⁻¹ | 0,002 |
| 40. Carbofurano | mgL ⁻¹ | 0,007 |
| 41. Clorotoluron | mgL ⁻¹ | 0,03 |
| 42. Cianazina | mgL ⁻¹ | 0,0006 |
| 43. 2,4- DB | mgL ⁻¹ | 0,09 |
| 44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano | mgL ⁻¹ | 0,001 |
| 45. 1,2- Dibromoetano | mgL ⁻¹ | 0,0004 |
| 46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP) | mgL ⁻¹ | 0,04 |
| 47. 1,3- Dicloropropeno | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 48. Dicloroprop | mgL ⁻¹ | 0,1 |
| 49. Dimetato | mgL ⁻¹ | 0,006 |
| 50. Fenoprop | mgL ⁻¹ | 0,009 |
| 51. Isoproturon | mgL ⁻¹ | 0,009 |
| 52. MCPA | mgL ⁻¹ | 0,002 |
| 53. Mecoprop | mgL ⁻¹ | 0,01 |
| 54. Metolacloro | mgL ⁻¹ | 0,01 |
| 55. Molinato | mgL ⁻¹ | 0,006 |
| 56. Pendimetalina | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 57. Simazina | mgL ⁻¹ | 0,002 |
| 58. 2,4,5- T | mgL ⁻¹ | 0,009 |
| 59. Terbutilazina | mgL ⁻¹ | 0,007 |
| 60. Trifluralina | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 61. Cloropirifos | mgL ⁻¹ | 0,03 |
| 62. Piriproxifeno | mgL ⁻¹ | 0,3 |
| 63. Microcistin-LR | mgL ⁻¹ | 0,001 |

| Parámetros Orgánicos | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|---|-------------------|--------------------------|
| 64. Bromato | mgL ⁻¹ | 0,01 |
| 65. Bromodiclorometano | mgL ⁻¹ | 0,06 |
| 66. Bromoformo | mgL ⁻¹ | 0,1 |
| 67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído) | mgL ⁻¹ | 0,01 |
| 68. Cloroformo | mgL ⁻¹ | 0,2 |
| 69. Cloruro de cianógeno (como CN) | mgL ⁻¹ | 0,07 |
| 70. Dibromoacetoniitrilo | mgL ⁻¹ | 0,1 |
| 71. Dibromoclorometano | mgL ⁻¹ | 0,05 |
| 72. Dicloroacetato | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 73. Dicloroacetoniitrilo | mgL ⁻¹ | 0,9 |
| 74. Formaldehído | mgL ⁻¹ | 0,02 |
| 75. Monocloroacetato | mgL ⁻¹ | 0,2 |
| 76. Tricloroacetato | mgL ⁻¹ | 0,2 |
| 77. 2,4,6- Triclorofenol | | |

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{LMP_{\text{bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

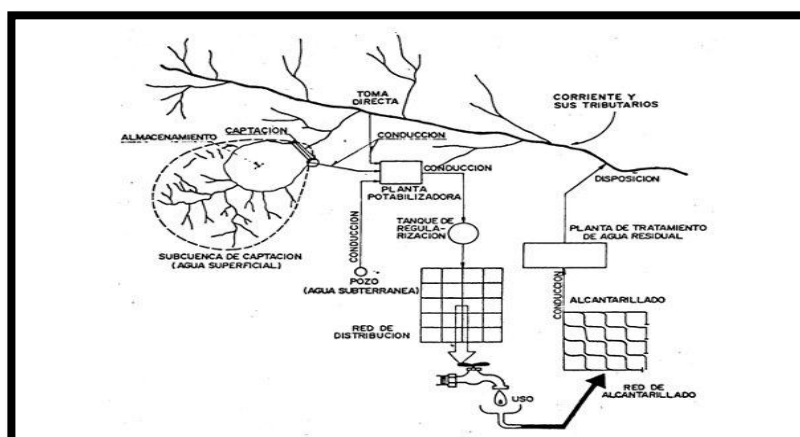
2.3. *Sistemas de abastecimiento de agua potable*

Son sistemas diseñados y contruidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas. Los sistemas convencionales son: (Carlos Barrios Napuri, 2009)

- ✓ Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.
- ✓ Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento.
- ✓ Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.
- ✓ Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento.

Para zonas rurales, es usual denominar los “Sistemas por gravedad”, cuando la fuente de agua se encuentra a más altitud que los usuarios; y “sistemas por bombeo”, cuando la fuente se encuentra más abajo y se requiere el uso de bombas para entregar el agua a los usuarios. (Carlos Barrios Napuri, 2009)

Figura 2. 3 "Sistema de agua potable convencional"



2.3.1. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

➤ *Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento* (Carlos Barrios Napuri, 2009)

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios.

Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie como manantiales y la segunda es captada a través de galerías filtrantes.

En estos sistemas, la desinfección no es muy exigente; ya que el agua que ha sido filtrada en los estratos porosos del subsuelo, la cual presenta buena calidad bacteriológica. Los sistemas por gravedad sin tratamiento tienen una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar el buen funcionamiento. (Carlos Barrios Napuri, 2009)

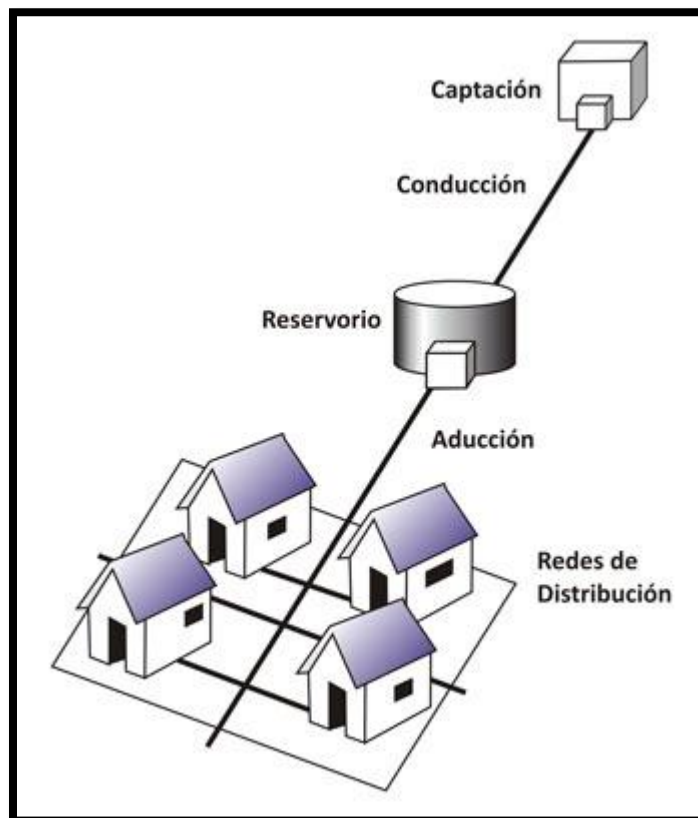
Sus componentes son:

- Captación
- Línea de conducción
- Reservorio
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias y/o piletas publicas

Tabla 2. 4 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento”

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. ✓ Requerimiento de operación y mantenimiento reducidos. ✓ No requiere operador especializado. ✓ Baja o nula contaminación. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Por su origen el agua puede contener un alto contenido de sales disueltas. |

Figura 2. 4 “Sistema de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento”



➤ ***Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento*** (Carlos Barrios Napuri, 2009)

Cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, acequias, ríos, etc., requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Cuando no hay necesidad de bombear el agua, los sistemas se denominan “por gravedad con tratamiento”. Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.

Estos sistemas tienen una operación más compleja que los sistemas sin tratamiento, y requieren mantenimiento periódico para garantizar la buena calidad del agua. Al instalar sistemas con tratamiento es necesario crear capacidades locales para operación y mantenimiento, garantizado el resultado esperado.

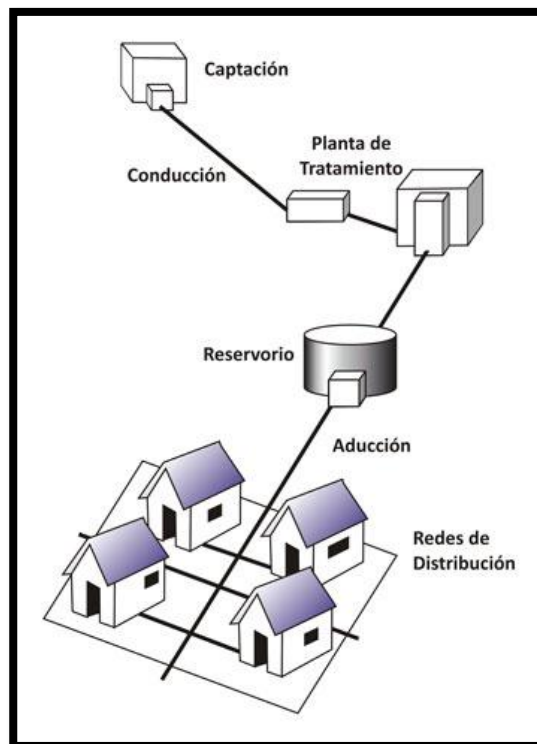
Sus componentes son:

- Captación
- Línea de impulsión
- Planta de tratamiento
- Línea de conducción
- Reservorio
- Línea de aducción
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias y/o piletas publicas

Tabla 2. 5 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento”

| Ventajas | Desventajas |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Remueve la turbiedad del agua cruda. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere de personal capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento. ✓ Puede demandar del uso de productos químicos para el proceso de clarificación del agua. ✓ Requiere desinfección obligatoria. ✓ Mayor costo de O & M que los sistemas por gravedad. ✓ Tarifas elevadas. |

Figura 2. 5“Sistema de Abastecimiento por Gravedad con Tratamiento”



2.3.2. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo.

➤ *Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento* (Carlos Barrios Napuri, 2009)

Estos sistemas también se abastecen con agua de buena calidad que no requiere tratamiento previo a su consumo. Sin embargo, el agua necesita ser bombeada para ser distribuida al usuario final. Generalmente están constituidos por pozos.

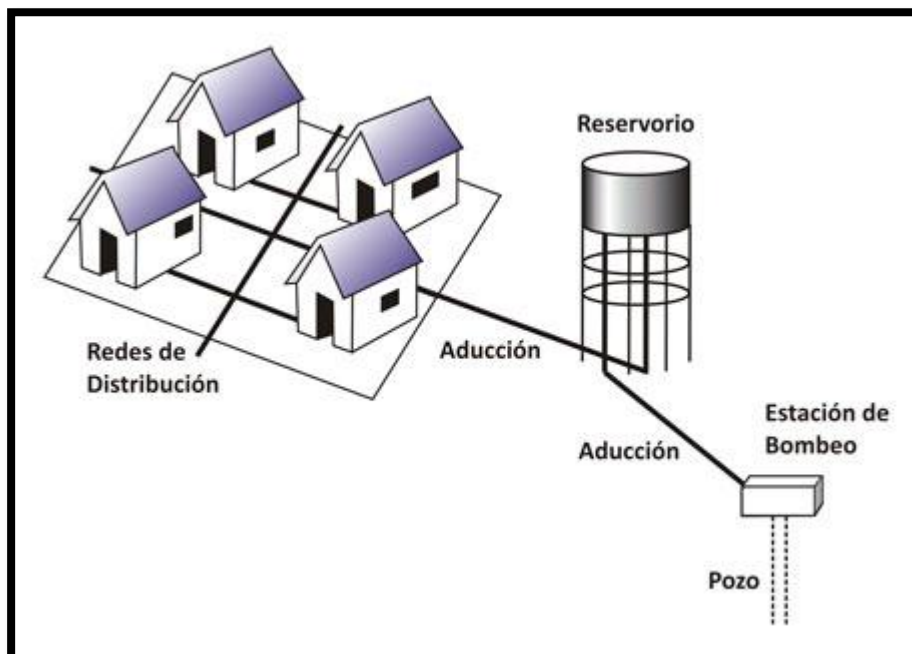
Sus componentes son:

- Captación
- Estación de bombeo
- Línea de impulsión
- Reservorio
- Línea de aducción
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias

Tabla 2. 6“Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento”

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Desinfección poco exigente. ✓ Menor riesgo a contraer enfermedades relacionadas con el agua. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere de personal especializado para operar y mantener sistemas de bombeo. ✓ Requiere elevada inversión para su implementación. ✓ Las tarifas de servicio son elevadas. Muchas veces el servicio es restringido a algunas horas del día para evitar la elevación de la tarifa. |

Figura 2. 6 “Sistema de Abastecimiento por bombeo sin tratamiento”



➤ ***Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento*** (Carlos Barrios Napuri, 2009)

Los sistemas por bombeo con tratamiento requieren tanto la planta de tratamiento de agua para adecuar las características del agua a los requisitos de potabilidad, como un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta el usuario final.

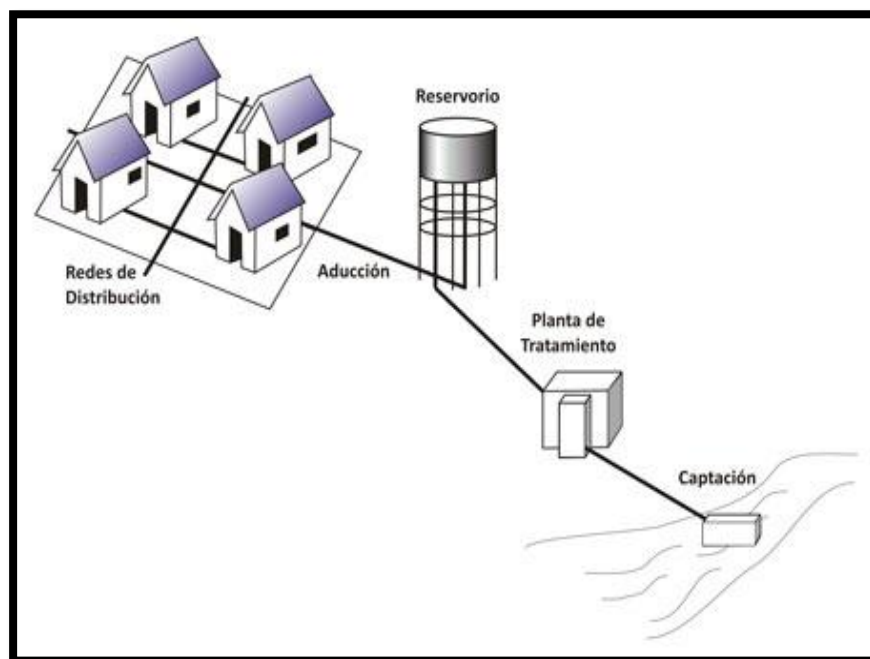
Sus componentes son:

- Captación
- Línea de conducción.
- Planta de tratamiento de agua.
- Estación de bombeo
- Reservorio
- Línea de aducción
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias

Tabla 2. 7 “Ventajas y desventajas del sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento”

| Ventajas | Desventajas |
|-----------|--|
| ✓ Ninguna | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere de personal altamente capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento y el sistema de bombeo. ✓ Requiere de mayor costo de inversión, de operación y mantenimiento que los sistemas de bombeo sin tratamiento. Muchas veces el servicio es restringido a algunas horas del día para evitar la elevación de la tarifa. ✓ Las tarifas del servicio son las más altas en comparación con los diferentes sistemas de abastecimiento de agua. |

Figura 2. 7“Sistema de Abastecimiento por bombeo con tratamiento”



2.4. Parámetros para el diseño de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

2.4.1. Período de Diseño.

Un sistema de abastecimiento de agua potable se proyecta de modo que pueda atender las necesidades de la población en el intervalo de tiempo durante el cual se estima que la obra por construir llega a su nivel de saturación; este periodo debe ser menor que la vida útil. (Cualla, 2003)

Los periodos de diseño están vinculados con los siguientes aspectos: (Cualla, 2003)

- ***Durabilidad o vida útil***

Este aspecto dependerá de la resistencia física del material a factores adversos (medio ambiente) y la resistencia a los esfuerzos y a los daños que estará sometida.

- ***Costo de Inversión***

Este aspecto deberá analizar los componentes de un sistema de abastecimiento de agua, la dificultad o facilidad de su construcción influye en mayores o menores períodos de inversiones nuevas.

- ***Crecimiento poblacional***

Este aspecto depende de los factores económicos, sociales y del desarrollo industrial.

2.4.2. Población futura o de diseño

La población futura, es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período del diseño, además es importante conocer la población futura ya que es necesaria para establecer los caudales de diseño. Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo, especialmente en lo concerniente a turismo y desarrollo industrial y comercial. (Cualla, 2003)

Los modelos de estimación de población futura usualmente empleados, pueden clasificarse en:

- **Procedimiento General:** permite estimar la población en un período cualquiera con la siguiente expresión: (Cualla, 2003)

$$P_{(n+x)} = P_n + (N + I) - (D + E)$$

Donde:

$P_{(n+x)}$ = Población futura en (n+x) años.

P_n = Población en el año “n”.

N = Nacimientos entre los años “n” y “n+x”.

I = Inmigraciones entre los años “n” y “n+x”.

D = Defunciones entre los años “n” y “n+x”.

E = Emigraciones entre los años “n” y “n+x”.

- **Modelos Matemáticos:** permiten estimar la población intercensal y postcensal.

Estas curvas permiten extrapolar tendencias pasadas, pero por su naturaleza no pueden tomar en cuenta cambios sociales y económicos. (Cualla, 2003)

- ✓ *Crecimiento Aritmético:* si el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta, el crecimiento es lineal. (Cualla, 2003)

La ecuación de proyección de población será:

$$P_f = P_i + r(T_f - T_i)$$

P_f = Población futura o de diseño

P_i = Población inicial

r = tasa de crecimiento

$T_f - T_i$ = año de proyección

- ✓ *Crecimiento Geométrico:* si el aumento de la población es proporcional al tamaño de ésta. (Cualla, 2003)

La ecuación de proyección de población será:

$$P_f = P_i \times (1 + r)^{t_f - t_i}$$

P_f = Población futura o de diseño

P_i = Población inicial

r = tasa de crecimiento

$T_f - T_i$ = año de proyección

- ✓ *Crecimiento Logarítmico:* si el aumento de la población es de tipo exponencial, la aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, ya que al evaluar “r” promedio se necesita un mínimo

de dos valores de “r”. La población se proyecta a partir de la siguiente ecuación: (Cualla, 2003)

$$P_f = P_i \times e^{r(t_f - t_i)}$$

P_f = Población futura o de diseño

P_i = Población inicial

r = tasa de crecimiento

$T_f - T_i$ = año de proyección

✓ *Crecimiento Parabólico:* si el aumento del crecimiento de la población se encuentra con tendencia que toman la forma de una parábola. Por lo tanto, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación: (Cualla, 2003)

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$$

- **Método de correlación:** muchos factores e influencias que afectan al crecimiento de la población ocurren simultáneamente a través de una región. Así la tasa de crecimiento para la mayoría de las ciudades está relacionada con la tasa de la provincia o del país a que pertenecen. A base de esto y una vez verificada la relación “si la hay” y teniendo estimados los crecimientos provinciales o del país podemos determinar los de las ciudades o comunidades. Una primera aproximación se basa en el uso de una simple razón constante calculada a base de los datos más recientes disponibles. (Cualla, 2003)

2.4.3. *Demanda de agua*

La demanda de agua, es el complemento necesario para establecer el caudal de diseño de un acueducto. La demanda de agua, es la suma total de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas. (Cualla, 2003)

Los consumos por tipo de usuario pueden ser: consumo doméstico, consumo comercial, consumo industrial (servicios y producción) y consumos públicos.

Las pérdidas físicas se refieren al agua que se escapa por fugas en líneas de conducción, reservorios, redes de distribución y tomas domiciliarias. (Cualla, 2003)

➤ *Factores que afectan el consumo*

Los factores incidentes en el consumo de una población son los siguientes: (Cualla, 2003)

- *Temperatura*, debido a las condiciones propias de la actividad del ser humano, mientras mayor sea la temperatura, mayor será el consumo de agua.
- *Calidad de agua*, la demanda de agua será mayor en la medida en que las personas tengan la seguridad de una buena calidad de agua.
- *Servicio de alcantarillado*, el hecho de disponer de una red de alcantarillado incrementa notablemente el consumo de agua potable.
- *Presión en la red de distribución de agua*, si se tienen altas presiones en la red, habrá mayores desperdiciados en el consumo doméstico al abrir las llaves.

- *Administración*, una administración eficiente controlará mejor el consumo de agua reduciendo las fugas y desperdicios, y vigilando las conexiones clandestinas.
- *Medidores y tarifas*, la instalación de medidores en zonas donde no existían, causa impacto psicológico en los usuarios, por lo que el consumo disminuye.

➤ ***Demanda de dotaciones***

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y perdidas físicas en el sistema, sus unidades están en l/háb/día. Para determinar la dotación de agua potable de una comunidad deben considerarse factores como: tamaño de la ciudad, distribución de la población, clima, existencia de alcantarillado y otros. (Ministerio de Vivivenda, 2006)

Considerando los factores que determinan las variación de la demanda de consumo de agua en las diferentes localidades urbanas o rurales; se asignan según el Reglamento Nacional de Edificaciones. (Ministerio de Vivivenda, 2006)

Tabla 2. 8 “Dotación de agua según RNE – l/háb/día”

| Ítem | Criterio | Clima Templado | Clima Frio | Clima Cálido |
|------|---|----------------|------------|--------------|
| 1 | Sistema con conexiones | 220 | 180 | 220 |
| 2 | Lotes de área menor o igual a 90 m ² | 150 | 120 | 150 |
| 3 | Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas públicas | 30 - 50 | 30 - 50 | 30 - 50 |

Tabla 2. 9 “Dotación de agua según MEF l/háb/día”

| Ítem | Criterio | Costa | Sierra | Selva |
|------|----------------------------------|-------|--------|-------|
| 1 | Letrinas sin arrastre hidráulico | 60 | 50 | 70 |
| 2 | Letrinas con arrastre hidráulico | 90 | 80 | 100 |

Nota: para el caso de sistemas de alcantarillado convencionales en ámbito rural, se recomienda usar como mínimo la dotación de letrinas con arrastre hidráulico.

➤ ***Variaciones periódicas***

Para las variaciones periódicas de demanda, es necesario calcular el caudal apropiado, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción, normalmente se trabajan con tres tipos de caudales. (Cualla, 2003)

- *Caudal medio diario*, es el caudal promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario y este caudal se obtiene de la siguiente formula: (Cualla, 2003)

$$Q_{promedio} = \frac{Dotación (l/hab. d) \times Población(hab.)}{86400}$$

- *Caudal máximo diario*, es la demanda máxima que se presenta en un día del año. (Cualla, 2003)

$$Q_{máximo\ diario} = k_1 \times Q_{promedio}$$

Donde:

$k_1 = 1.3 \rightarrow$ Según Reglamento Nacional de Edificaciones

- *Caudal máximo horario*, es la demanda máxima que se presenta en una hora durante el año. (Cualla, 2003)

$$Q_{\text{máximo diario}} = k_2 \times Q_{\text{promedio}}$$

Donde:

$k_2 = 1.8 - 2.5 \rightarrow$ Según Reglamento Nacional de Edificaciones

Por lo tanto, para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada estructura de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas, no desarticulen todo el sistema, sino que permita un servicio de agua eficiente y continuo. (Cualla, 2003)

Tabla 2. 10 “Caudal de diseño para las estructuras de agua potable”

| TIPO DE ESTRUCTURA | DISEÑO CON CAUDAL MÁXIMO DIARIO | DISEÑO CON CAUDAL MÁXIMO HORARIO |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Fuentes de abastecimiento | X | |
| Obra de captación | X | |
| Línea de conducción | X | |
| Reservorio | X | |
| Línea de aducción | | X |
| Red de distribución | | X |

2.5. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

2.5.1. Captación de fuentes de agua

La captación, es una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar la demanda deseada y transportarla a través de la línea de conducción. (Pittman, 1993)

El diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación dependerá de la topografía de la zona, de la textura del suelo y de la clase de captación; buscando no alterar la calidad del agua ni modificar la corriente y el caudal natural de la fuente. (Pittman, 1993)

Cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constara de tres partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento, la segunda, a una cámara húmeda que sirve para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirva para proteger la válvula de control. El comportamiento de protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión o área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar contaminación. Junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara y de aquietamiento de algún material en suspensión. La cámara tiene un accesorio (canastilla) de salida y un cono de rebose que sirve para eliminar el exceso de producción de la fuente. (Pittman, 1993)

Cuando la fuente de agua es superficial, las obras de captación son las bocatomas. Por medio de esta estructura se puede derivar el caudal de diseño que, por lo general, corresponde al caudal máximo diario. Las obras de captación deben localizarse en zonas donde el suelo sea estable y resistente a la erosión, procurando que la captación se haga en un sector recto del cauce. En caso de necesitarse la captación en una curva, aquella debe ubicarse en la parte exterior de la curva, tomando las debidas medidas de protección de la obra. (Pittman, 1993)

2.5.2. *Línea de conducción*

La línea de conducción es un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción de agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática existente. Debe utilizarse al máximo de la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo que en la mayoría de los casos nos llevara a la selección del diámetro mínimo que permita presiones iguales o menores a la resistencia física que el material de la tubería soporte. (Pittman, 1993)

La tubería normalmente sigue el perfil del terreno, salvo el caso de que, a lo largo de la ruta por donde se debería realizar la instalación de las tuberías, existan zonas rocosas insalvables, cruces de quebradas, terrenos erosionables, etc., que requieren de estructuras especiales. Para lograr un mejor funcionamiento del sistema, a lo largo de la línea de conducción puede requerirse cámaras rompe presión, válvulas de aire, válvulas de purga, etc. Cada uno de estos elementos precisa de un diseño de acuerdo a características particulares. (Pittman, 1993)

❖ *Criterios de diseño*

- ***Topografía y trazado*** (Pittman, 1993)

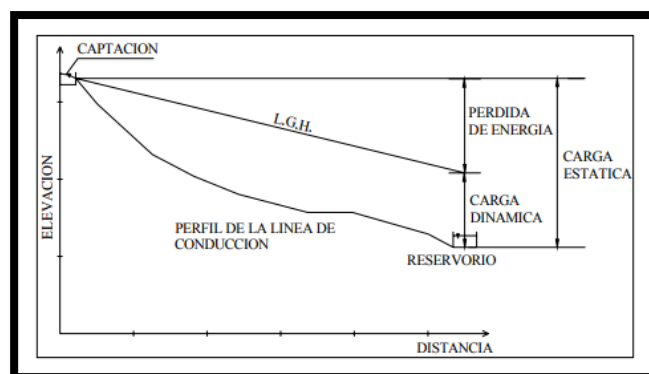
Se tomaran en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Buscar el menor recorrido siempre y cuando esto no conlleve a excavaciones excesivas u otros aspectos.
- ✓ Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- ✓ Establecer los puntos donde se ubicaran instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesitan cuidados, vigilancia y operación.

- ***Carga disponible*** (Pittman, 1993)

La carga disponible viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio. Las cargas disponibles pueden ser: estáticas y dinámicas.

Figura 2. 8 "Perfil longitudinal de una línea conducción"



✓ ***Línea de gradiente Hidráulico*** (Pittman, 1993)

La línea de gradiente hidráulico indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulico para un caudal que descarga libremente en la atmosfera (como dentro de un tanque), puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positivo o negativo.

✓ ***Pérdida de carga***

La pérdida de carga es el gasto necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento de fluido de un punto a otro en una sección de la tubería. Las pérdidas de carga pueden ser lineales o de fricción y singulares o locales. Las primeras, son ocasionadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto entre el fluido y la tubería; y las segundas son producidas por las deformaciones de flujo, cambio en sus movimientos y velocidad. (Pittman, 1993)

✓ ***Pérdida de carga unitaria***

Para el cálculo de pérdida de carga unitaria, pueden utilizarse muchas fórmulas, sin embargo una de las más usadas en conductos a presión, es de la Hazen y Williams. (Pittman, 1993)

Ecuación de Hazen y Williams:

$$Q = 0.2785 \times C \times D^{2.64} \times h f^{0.54}$$

Dónde:

Q = caudal (m³/s)

D = diámetro de la tubería (m)

h_f = pérdida de carga unitaria (m/m)

C = coeficiente de Hazen – Williams $C = 150$ para PVC

✓ ***Perdida de carga por tramo***

La pérdida por carga de tramo (H_f) se define como:

$$H_f = h_f \times L$$

Siendo L la longitud del tramo de tubería (m)

Para determinar la pérdida de carga por tramo es necesario conocer los valores de carga disponible, el caudal de diseño y la longitud del tramo de tubería. Con dicha información y con el uso de nomogramas o la aplicación de fórmulas se determina el diámetro de tubería. (Pittman, 1993)

- ***Caudal de diseño***

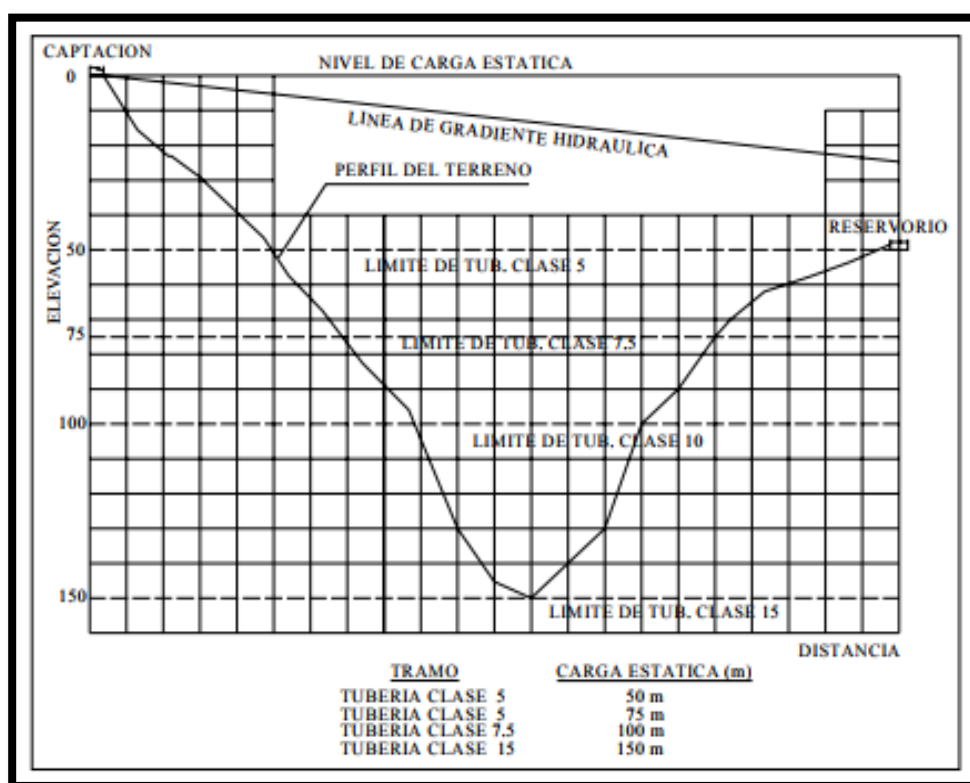
El caudal de diseño, es el correspondiente al caudal máximo diario (Q_{md}), el que se estima considerando el caudal medio de la población para el periodo de diseño seleccionado (Q_m) y el factor K_1 del día de máximo consumo. (Pittman, 1993)

- ***Clase de tubería***

Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo

condiciones de operación, sino cuando se presenta la estación estática, al cerrar la válvula de control en la tubería. (Pittman, 1993)

Figura 2. 9"Presiones máximas de trabajo para diferentes clases de tubería de PVC"



- **Diámetros**

Para determinar los diámetros se consideran diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde el punto de vista económico. Considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el caudal de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible. (Pittman, 1993)

- ***Estructuras Complementarias***

Válvula de aire

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área de flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del caudal. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire. (Pittman, 1993)

Válvula de purga

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tubería. (Pittman, 1993)

2.5.3. *Reservorio de almacenamiento*

El reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectada y el rendimiento admisible de la fuente. (Cualla, 2003)

Un sistema de abastecimiento de agua potable requerirá de un reservorio cuando el rendimiento admisible de la fuente sea menor que el gasto máximo horario (Q_{mh}). En caso que el rendimiento de la fuente sea mayor que el Q_{mh} no se considerara el reservorio, y debe asegurarse que el diámetro de la línea de conducción sea suficiente para conducir el gasto máximo horario (Q_{mh}), que permita cubrir los requerimientos de consumo de la población. (Cualla, 2003)

✓ **Consideraciones Básicas**

Para determinar la *capacidad del reservorio*, es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias, emergencia para incendios, previsión de reservas para cubrir daños e interrupciones en la línea de conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema. (Cualla, 2003)

Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas). (Cualla, 2003)

La ubicación está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas. (Cualla, 2003)

✓ **Caseta de válvulas**

- **Tubería de llegada**, el diámetro está definido por la tubería de conducción, debiendo estar provista de una válvula compuerta de igual diámetro antes de la entrada al reservorio; debe proveerse de un by – pass para atender situaciones de emergencia. (Cualla, 2003)

- ***Tubería de salida***, el diámetro de la tubería será el correspondiente al diámetro de la línea de aducción, y deberá estar provista de una válvula compuerta que permita regular el abastecimiento de agua a la población. (Cualla, 2003)
- ***Tubería de limpia***, la tubería de limpia deberá tener un diámetro tal que facilite la limpieza del reservorio, en un periodo no mayor de 2 horas. Esta tubería será provista de una válvula compuerta. (Cualla, 2003)
- ***Tubería de rebose***, la tubería de rebose se conectara con descarga libre a la tubería de limpia y no se proveerá de válvula compuerta, permitiendo la descarga de agua en cualquier momento. (Cualla, 2003)

2.5.4. Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada a la comunidad y que se desarrolla por todas las calles. (Cualla, 2003)

Para el diseño de la red de distribución es necesario definir la ubicación tentativa del reservorio de almacenamiento con la finalidad de suministrar el agua en cantidad y presión adecuada a todos los puntos de la red. Las cantidades de agua se han definido en base a las dotaciones y en el diseño se contempla las condiciones más desfavorables, para lo cual se analizaron las variaciones de consumo considerando en el diseño de la red el consumo máximo horario. (Cualla, 2003)

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso. (Cualla, 2003)

✓ *Consideraciones básicas de diseño*

La red de distribución se debe calcular considerando la velocidad y presión del agua en las tuberías.

Se recomiendan valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s. Si se tienen velocidades menores que la mínima, se presentarían fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se produciría el deterioro de los accesorios y tuberías. (Cualla, 2003)

La presión mínima depende de las necesidades domésticas y la máxima influye en el mantenimiento de la red, ya que con presiones elevadas se originan pérdidas por fugas y fuertes golpes de ariete. (Cualla, 2003)

✓ *Tipos de redes*

Según la forma del circuito existen dos tipos de sistemas de distribución, el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema circuito cerrado, conocido como malla. (Cualla, 2003)

- ***Sistema Abierto o Ramificado***

Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino. (Cualla, 2003)

La tubería matriz o principal se instala a lo largo de una calle de la cual se derivan las tuberías secundarias. La desventaja es que el flujo está determinando en un solo sentido y en caso de sufrir desperfectos puede dejar sin servicio a una parte de la población. El otro inconveniente es que en el extremo de los ramales secundarios se dan los puntos muertos, es decir el agua ya no circula, sino que permanece estática en los tubos originando sabores y olores, especialmente en las zonas donde las casas están más separadas. En los puntos muertos se requiere instalar válvulas de purga con la finalidad de limpiar y evitar la contaminación del agua. (Cualla, 2003)

- ***Sistema cerrado***

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratara de lograrse mediante la interconexión de tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. En este sistema se eliminan los puntos muertos; si se tiene que realizar reparaciones en los tubos, el área que se queda sin agua se puede reducir a una cuadra, dependiendo de la ubicación de las válvulas. Otra ventaja es que es más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de

carga y por lo tanto menores diámetros; ofrece más seguridad en caso de incendios, ya que se podría cerrar las válvulas que se necesiten para llevar el agua hacia el lugar del siniestro. (Cualla, 2003)

Para el análisis hidráulico de una red de distribución en un sistema cerrado los métodos más utilizados son el de seccionamiento y el de Hardy Cross.

Método de seccionamiento

Este método está basado en el corte de la red proyectada en varios puntos determinados, de tal manera que el flujo de agua sea en un solo sentido y proveniente de un ramal principal. Consiste en formar anillos o circuitos, los cuales se efectúan un corte o seccionamiento y se calculan los gastos por cada tramo de la red abierta. (Cualla, 2003)

Para un seccionamiento ideal, las presiones en los puntos de corte deben ser iguales, tolerándose una diferencia máxima de 10% con respecto al valor de las presiones obtenidas para cada nudo. Si esto no se comprueba, se deberá alterar convenientemente el diámetro de algunas tuberías o modificar el seccionamiento adoptado. (Cualla, 2003)

Las redes se calculan para una capacidad de distribución igual al consumo máximo horario, el que puede considerarse uniformemente distribuido a lo largo de toda la tubería, o por áreas según la densidad de la población. (Cualla, 2003)

Método de Hardy Cross

Es un método de tanteos o aproximaciones sucesivas, en el cual se supone una distribución de caudales y se calcula el error en la pérdida de carga de cada circuito. (Cualla, 2003)

En cualquier malla de tuberías se deben satisfacer cuatro condiciones:
(Cualla, 2003)

- La suma algebraica de las pérdidas de carga alrededor de un circuito debe ser cero.
- La cantidad de flujo que entra en un nudo debe ser igual a la cantidad de flujo que sale de ese nudo.
- El caudal que ingresa a la red debe ser igual al caudal que sale de ella.
- Los caudales asignados deben ocasionar velocidades adecuadas a la especificación reglamentaria.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación seleccionada para el presente trabajo de tesis es “Investigación aplicada”, la cual se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, como el de conseguir componentes de un sistema de agua potable que puede ser utilizados para el transporte de agua.

En la investigación para poder obtener resultados acertados que se puedan utilizar para los objetivos generales y específicos, es necesario adoptar la estrategia más acertada en conforme con el tipo de investigación que se desea realizar.

Las acciones que deben realizarse para determinar la factibilidad de un proyecto son las siguientes:

- ✓ Visita de la zona, buscando la máxima participación de la población.
- ✓ Búsqueda de existencia de fuentes de agua (superficiales o subterráneas).
- ✓ Actividades de reconocimiento de campo, verificando sitios vulnerables para los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.
- ✓ Recopilación de la información básica necesaria para la elaboración de los estudios preliminares (mecánica de suelos, impacto ambiental, vulnerabilidad).

- ✓ Información sobre la población beneficiaria.
- ✓ Disponibilidad de materiales locales.

Además, cualquier otra información necesaria para llevar a cabo una investigación completa y obtener resultados precisos con la finalidad de determinar si es factible o no la instalación de un sistema de abastecimiento de agua potable.

3.2. *Población en estudio*

La población para este proyecto constituye fundamentalmente los habitantes de los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto, que son los usuarios directos del servicio de agua potable.

3.3. *Recolección de Información*

3.3.1. *Recolección de información histórica*

Para poder obtener información sobre la antigüedad de la construcción del sistema de agua potable, captaciones, línea de conducción, reservorio, redes de distribución; es necesario acudir a la documentación de la Municipalidad Distrital de Paimas, encontrando que la información que poseía el municipio era escasa debido a que la comunidad había construido mayor parte del sistema con sus propios recursos.

La ayuda de la población del sector es de fundamental importancia para obtener información histórica debido a que las comunidades poseen juntas de agua cada

una, las cuales son: JASS CULQUI ALTO Y JASS CULQUI, con promotores para cada sector que tienen pleno conocimiento de los elementos que constituyen el sistema de agua potable.

3.3.2. *Levantamiento topográfico*

Se realizará el levantamiento topográfico o se buscarán los planos topográficos de los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto, con los objetivos de conocer: la ubicación de las viviendas beneficiadas, ubicación de las captaciones, reservorio y trazo de las tuberías de conducción y de distribución.

3.3.3. *Padrón beneficiario*

Se realizará o se buscarán padrones de la población en los distintos centros poblados rurales que nos pueda ayudar a determinar con exactitud el número de habitantes que se beneficiarán con este proyecto y poderlo comparar con censos de años anteriores, en base a esto se puede determinar índices de crecimiento confiables y más aproximados a la realidad del sector.

3.3.4. *Inspección de los elementos del sistema*

Para realizar la inspección de los elementos que constituyen el sistema de agua potable, se ejecutará una visita de campo con los jefes de las JASS de cada sector, empleando fichas de diagnóstico, que permitan conocer y evaluar de manera rápida el estado de los elementos mediante parámetros establecidos para determinar problemas y afectaciones visibles que puedan perjudicar en la funcionalidad y eficiencia del sistema. Las fichas de evaluación son las siguientes:

a) Captación

Para realizar la evaluación de las captaciones se procedería a inspeccionar la estructura indicando el estado de las paredes, el material el cual fue construido, sus dimensiones, las coordenadas de ubicación y estado de válvulas.

Tabla 3. 1 "Formato de Evaluación de Captación"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|------------------|-------------------------|------------------------|
| CAPTACIÓN | | | |
| Nombre de Fuente / Captación: | | | |
| Tipo de Fuente | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial | Norte: | | |
| 2.- Subterránea | Este: | | |
| 3.- Pozo | Altura: | | |
| 4.- Otros: | Ref: | | |
| Acceso a la fuente | Tipo | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie | Ladera: | Operativa | |
| 2.- Vehículo | Fondo: | Dañada | |
| 3.- Bote | Mixta: | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado | Largo (m): | 1. Si | 1. Bueno |
| 2. Con. Cidlopeo | Ancho (m): | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): | 2. No | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

b) Conducción

Para realizar la evaluación de la línea de conducción se ubicaran los tramos de tubería que se encuentran al descubierto, verificando el estado en que se encuentra, el diámetro y el material de la misma, el número de válvulas, la existencia de fugas producidas por el mal funcionamiento de algún elemento.

Tabla 3. 2 "Formato de Evaluación de la línea de conducción"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|------------------------|------------------------|---------------------|
| LÍNEA DE CONDUCCIÓN | | | |
| Desde | Hasta | Longitud Estimada (km) | Diámetro / Material |
| Norte: | Norte: | | |
| Este: | Este: | | |
| Altura: | Altura: | | |
| Ref: | Ref: | | |
| Número de Válvulas | Estado de las Válvulas | Cámara Rompe Presión | Estado de las CRP |
| V. Control: | Buena: | 1. Si ¿Cuántas? | Buena: |
| V. Purga: | Regular: | | Regular: |
| V. Aire: | Mala: | 2. No | Mala: |
| Total: | Comentario: | | Comentario: |
| Existen accesorios | Estado de accesorios | Existen fugas | Antigüedad |
| 1. Si ¿Cuántas? | Buena: | 1. Si | |
| | Regular: | | |
| | Mala: | 2. No | |
| 2. No | Comentario: | | |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

c) Reservorio apoyado

Para el reservorio se procede a verificar las medidas tanto interiores como exteriores, con el fin de determinar si el volumen que este puede almacenar es suficiente para el caudal existente y para el abastecimiento de los sectores, además se verifica el estado de las paredes, material del que fue construido, así como los demás accesorios.

Tabla 3. 3 "Formato de evaluación del Reservorio apoyado"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|-------------------|-------------------|------------------------|
| RESERVORIO | | | |
| Tipo | Material | Coordenadas UTM | Medidas Promedio |
| 1.- Elevado | Concreto: | Norte: | Largo (m): |
| 2.- Superficial | Ferrocemento: | Este: | Ancho (m): |
| 3.- Enterrado | Polietileno | Altura: | Altura (m): |
| 4.- Otros: | Acero | Ref: | Espesor (cm): |
| Funcionamiento | Volumen | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| Operativa | | 1. Si | 1. Bueno |
| Dañada | | 2. No | 2. Regular |
| Colapsada | | | 3. Malo |
| Comentario: | | | Comentario: |
| Tubería de Entrada | Tubería de Salida | Tubería de Rebose | Antigüedad |
| Material | Material | Material | |
| Diametro | Diametro | Diametro | |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

d) Red de distribución

Para la inspeccionar la red de distribución se deben buscar tramos expuestos o realizar calicatas en lugares estratégicos, poniendo más énfasis en tramos donde se presentan problemas de presión y ausencia de servicio, anotando las características de la tubería encontrada como el diámetro, profundidad y analizando la existencia de válvulas y su estado de ellas.

Tabla 3. 4 "Formato de evaluación de red de distribución"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|------------------------|----------------------|------------------------------|
| RED DE DISTRIBUCIÓN | | | |
| Desde (N,E) | Hasta (N,E) | Diámetro / Material | Estado de la tubería / Prof. |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Número de Válvulas | Estado de las Válvulas | Existen accesorios | Estado de accesorios |
| V. Control: | Buena: | 1. Si ¿Cuántas? | Buena: |
| V. Purga: | Regular: | | Regular: |
| V. Aire: | Mala: | 2. No | Mala: |
| Total: | Comentario: | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| | | | |
| | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

e) Cámara rompe presión

Para la inspección de la cámara rompe presión, colocadas en lugares con mucha pendiente, se deberá proceder a inspeccionar la ubicación correcta y verificar sus obras de protección.

Tabla 3. 5 "Formato para la evaluación de cámaras rompe presión"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| CÁMARA ROMPE PRESIÓN | | | |
| Nombre de Cámara: | | | |
| Tipo | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial | Norte: | | |
| 2.- Enterrada | Este: | | |
| 3.- Semienterrada | Altura: | | |
| 4.- Comentarios: | Ref: | | |
| Acceso a la cámara | Estado | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie | 1. Bueno | Operativa | |
| 2.- Vehículo | 2. Regular | Dañada | |
| 3.- Bote | 3. Malo | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: Limitada | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado | Largo (m): | 1. Si 2. No | 1. Bueno |
| 2. Con. Cidlopeo | Ancho (m): | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): | | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

f) Cámara de reunión

Para la inspección de la cámara de reunión, colocada para recolectar los caudales de distintas fuente, se deberá a proceder a inspeccionar la ubicación correcta y verificar sus obras de protección.

Tabla 3. 6 "Formato para la evaluación de cámara de reunión"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| CÁMARA DE REUNIÓN | | | |
| Nombre de Cámara: | | | |
| Tipo | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial | Norte: | | |
| 2.- Enterrada | Este: | | |
| 3.- Semienterrada | Altura: | | |
| 4.- Comentarios: | Ref: | | |
| Acceso a la cámara | Estado | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie | 1. Bueno | Operativa | |
| 2.- Vehículo | 2. Regular | Dañada | |
| 3.- Bote | 3. Malo | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: Limitada | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado | Largo (m): | 1. Si | 1. Bueno |
| 2. Con. Ciclopeo | Ancho (m): | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): | 2. No | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

3.3.5. *Recolección y análisis de muestras de agua*

La recolección de muestras de agua se realizó en las captaciones de Culqui y Culqui Alto, mediante recipientes esterilizados con tapa que permitan recolectar el agua y sellarla debidamente para su posterior traslado a laboratorio donde se realizaran los análisis que consideraran los diferentes parámetros químicos, físicos y microbiológicos.

3.4. *Procesamiento y análisis de datos*

3.4.1. *Análisis de datos históricos e información del padrón beneficiario*

Los datos históricos del sistema de agua potable de los centros poblados rurales según información de las JASS encontramos datos de las captaciones, líneas de conducción, reservorio y red de distribución, donde encontramos diámetros, material y profundidad de las tuberías; donde la antigüedad de los componentes es del año 2001.

En la información de los padrones de beneficiarios, se pudo determinar la cantidad de habitantes por vivienda en los centros poblados de Culqui y Culqui Alto.

3.4.2. Evaluación física de los componentes del sistema de agua potable

Una vez realizada la evaluación en campo de los componentes del sistema de agua potable se concluirá con el estado actual de los componentes tomando los siguientes parámetros de calificación:

Bueno: cuando los elementos del sistema se encuentran funcionando correctamente, las pérdidas de caudal son mínimas y la presión es adecuada.

Regular: cuando los elementos del sistema necesitan pequeñas intervenciones, las pérdidas de caudal no son considerable y la presión por una magnitud relativamente despreciable no cumple los límites estipulados en las normas del RNE.

Malo: cuando se requiere un rediseño total o parcial del sistema, las pérdidas de caudal son considerables y la presión no cumple los límites estipulados en las normas del RNE.

Con esta evaluación se pretende formular y crear un criterio que permita explicar la base de los problemas actuales en el sector, identificando las zonas donde se necesita especial atención.

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE LOS SERV. DE AGUA POTABLE

4.1. Información de los Centros Poblados Rurales de Culqui y Culqui Alto

4.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

El área de investigación se encuentra ubicada en la Región Piura, que está en la zona Nor Occidental del Perú, a una distancia de 981 km de la ciudad de Lima. Su extensión territorial es de 33, 892 km² que representa un 2.79% del territorio del país. La región posee ecosistemas de costa de costa, sierra y selva alta, su densidad poblacional (Háb/Km²) de 50.1 y cuenta con 8 provincias y 63 distritos; sus ciudades más importantes son: Ayabaca, Huancabamba, Catacaos, Paíta, Sechura, Colan, Piura, Yacila, Mancora, etc.

Figura 4. 1 “Distribución del Departamento de Piura por provincias”



La provincia de Ayabaca, se ubica sobre la cadena occidental de los andes siendo su capital la más alta del departamento de Piura. Tiene una extensión territorial de 5,320.68 km² con una población de 138, 403 habitantes según el censo del año 2007 y una densidad poblacional de 26,46 hab/km² y se divide en diez distritos. Dado su importancia arqueológica y turística, es considerada como una de las provincias de conservación natural más importantes del Norte del Perú.

Figura 4. 2 "Distribución de la provincia de Ayabaca por distritos"



El Distrito de Paimas posee una extensión territorial de 319.7 km². La capital es Paimas, se encuentra a una altura de: 550 m.s.n.m, tiene las siguientes coordenadas geográficas:

Latitude: 4° 37'29"

Longitud: 79° 40' 46"

Se define como área de investigación del proyecto a los centros poblados de Culqui y Culqui Alto, el cual tiene los siguientes límites:

Por el Norte : Localidad de Tomapampa de Jambur.
Por el Sur : Localidad de Culqui Alto
Por el Este : Localidad Los Corrales
Por el Oeste : Localidad de Laureles

Las coordenadas UTM – WGS 84 de los centros poblados son las siguientes:

Culqui Alto : 9 486 593 N 609 869 E

Culqui : 9 487 795 N 610 371 E

4.1.2. Población del proyecto

La población para este proyecto constituye fundamentalmente los habitantes de los centros poblados rurales de Culqui y Culqui Alto, quienes son los usuarios directos del servicio de agua potable y según información del padrón beneficiario se cuenta 203 habitantes en la localidad de Culqui Alto y 861 habitantes en Culqui.

4.1.3. Características físicas de los centros poblados rurales

4.1.3.1. Dinámicas de uso y ocupación del territorio

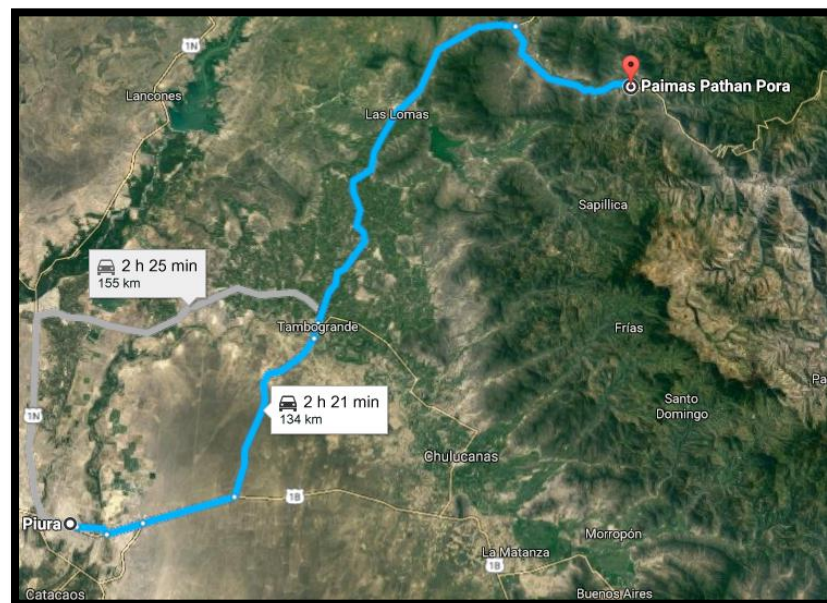
Las tierras de las localidades de Culqui y Culqui alto son utilizadas mayoritariamente en actividades de agricultura y ganadería. La distribución de las viviendas en Culqui Alto es mayoritariamente de manera concentrada

mientras que la de Culqui tienden a crecer a lo largo de la carretera. La tendencia de ocupación del territorio es migrar hacia las localidades urbanas más cercanas de la Región Piura.

4.1.3.2. Vías de acceso

Los caseríos en estudio se encuentran aproximadamente a 8 km de la ciudad de Paimas y se conectan con ella mediante una carretera asfaltada en mal estado. La ruta desde la ciudad de Piura hasta la ciudad de Paimas, es a través del siguiente recorrido:

Figura 4. 3 "Ruta de acceso desde la ciudad de Piura hasta la ciudad de Paimas"



Los medios de transporte generalmente provienen de la ciudad de Sullana en su mayoría. Normalmente el tiempo de viaje es de 2 horas 30 minutos, ya sea en camiones, camionetas o station wagon (los más usados), mientras que en épocas de lluvias puede aumentar a más de 3 horas ya que hay aumento del caudal de las quebradas.

4.1.3.3. Topografía

El relieve del suelo presenta una topografía mayormente ondulada, con algunas superficies llanas y planas, consecuentemente la fisiografía distrital presenta una planicie, se aprecia también una zona rodeada por pequeños y grandes cerros y pendiente peligrosas, con tendencia a un regular drenaje natural hacia las micro cuencas y zonas bajas del Valle Quiroz.

El levantamiento topográfico que se efectuó en la zona de estudio “Culqui y Culqui Alto”, se hicieron curvas de nivel secundarias cada 1.00 m y las curvas maestras cada 5.00 m (ANEXO II: PLANO TOPOGRAFICO), que han servido para determinar la ubicación de las viviendas y locales públicos (capillas, colegios, locales comunales, plataformas deportivas, etc.) de las localidades de Culqui y Culqui Alto, así como los caminos más seguros para acceder hacía ellas. Esta información ha sido básica para efectuar la ubicación y el dimensionamiento hidráulico de las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua para las localidades en estudio.

4.1.3.4. Hidrografía

La red hidrográfica de las localidades de Culqui y Culqui Alto está conformada por la quebrada de Culqui que es afluente al río Quiroz, que aporta directamente sus aguas al río Chira.

El río Chira, pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico, tiene sus nacientes en la República de Ecuador, alimentando sus cursos de agua

primordialmente con las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta.

4.1.3.5. *Clima*

El clima de las localidades se caracteriza por ser calurosa por temporada de verano. La temperatura promedio de esta zona es de 21° C aproximadamente. Las lluvias en este lugar son abundantes en los meses de diciembre a marzo.

El incremento de precipitaciones pluviales, no afecta considerablemente el caudal o los caudales de las fuente ya que tipo de suelo es rocoso granítico, lo cual hace que su permeabilidad sea muy baja.

4.1.3.6. *Suelo*

De acuerdo a las exploraciones y análisis del área donde se ubicará el proyecto presenta: arcillas de alta compresibilidad, limo arcilloso, gravas, combinados con macizos rocosos y restos de rocas fracturadas. Así, también los suelos encontrados presentan mediana a alta plasticidad, de naturaleza medianamente compactada, ubicada en zonas de topografía abrupta y con pendientes prolongadas, afectadas por la infiltración de aguas superficiales provenientes de lluvias torrenciales. No se presentan condiciones para que se dé el fenómeno de licuefacción de arenas ante un sismo de gran magnitud.

Sin embargo de acuerdo a la geodinámica interna y externa y climatología del lugar se pudieran dar otros tipos de fenómenos tales como: la erosión, deslizamientos, agrietamientos y derrumbes dentro del área de influencia de

los componentes a proyectar. Razón por lo cual se tendrían que realizar los mejoramientos de terreno a nivel de subrasante con material granular según corresponda.

4.1.4. Características Económicas

Según información proporcionada por la Municipalidad Distrital de Paimas y corroborada in situ, el 70% de la población percibe menos de S/. 500. 00 nuevos soles al mes para solventar los gastos familiares, motivo por el cual las condiciones socioeconómicas son muy bajas por lo general la población que percibe estos ingresos son los agricultores, ganaderos mientras que el 30% percibe más de S/. 500.00 nuevos soles. Estas condiciones socioeconómicas se deben a una serie de factores entre los que se puede mencionar la falta de atención del gobierno central, a pesar de la organización de las autoridades locales.

La base de la economía de las localidades de Culqui y Culqui Alto son las actividades agrícolas y ganaderas.

La agricultura es la actividad principal de estas localidades, el 90% de los cultivos son de arroz, por lo tanto, estas zonas son netamente arroceras; el 10% de cultivos son de: yuca, maíz, camote, frejol entre otros.

La ganadería es la segunda actividad importante de estas localidades, se dedican a la crianza de ganado vacuno y caprino, según manifestación de la población desde el 2005 recibe apoyo de la Municipalidad Distrital de Paimas por medio de ciertos programas de ganadería.

4.1.5. Características Sociales

Las familias albergan en su seno, comúnmente, a dos o más generaciones, conviviendo en un lugar con abuelos, padres, hijos, nietos, tíos, sobrinos, etc. La densidad promedio de habitantes por vivienda es de 4 háb/viv. Según lo verificado.

En relación de los servicios básicos (agua, desagüe y electricidad), carecen del servicio desagüe, mientras el servicio de agua no se encuentra en buenas condiciones y el 90% de la población si cuenta con el servicio de electricidad.

Las localidades de Culqui y Culqui Alto no cuentan con un puesto de salud, ellos se atienden en el Centro de Salud de Paimas. El Centro de Salud de Paimas, según el ministerio de Salud es Nivel I – 4. La manera de que pueden acceder los pobladores de Culqui y Culqui Alto es por medio de moto taxi aprox. 30 minutos y autos colectivos: 20 minutos. Este centro presta los servicios de salud a las localidades del proyecto, enfocándose especialmente en los sectores pobres y pobres extremos a través de seguro integral de salud (SIS) u otra modalidad y/o programa. Según los datos reportados por el establecimiento de salud, las enfermedades prevalentes en las localidades son: enfermedades infecciosas y diarreicas, generadas por el consumo de agua no potable y las inadecuadas prácticas de higiene vienen a ser las causas principales de enfermedades infecciosas y diarreicas.

Las mujeres del distrito están organizadas en dos tipos de organizaciones comunales: Comité de Vaso de Leche y Club de Madres, que son independientes

y fueron formadas para hacer frente a las carencias alimenticias de las familias. El Comité de Vaso de Leche a cargo de la Municipalidad, brinda a las mujeres embarazadas, madres lactantes y niños en edad escolar, un desayuno balanceado y alimentos básicos. El Club de Madres es receptor de una ayuda alimentaria por el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA) y gestiona los comedores populares. También existen las Juntas Vecinales de Desarrollo que son organizaciones reconocidas por la Municipalidad de Paimas y que tienen como objetivo fomentar el desarrollo de sus centros poblados a través de la formulación y canalización de acciones concretas en beneficio de su comunidad.

Las viviendas de los centros poblados están hechas de los siguientes materiales: el 86% de las viviendas están hechas de adobe, 9% de quincha, 3% de material noble y 2% de madera. Las viviendas de las localidades no cuentan con títulos de propiedad por ende no están inscritas en Registros Públicos. Situación que se debe principalmente a los altos costos asociados a la formalización de los terrenos, costos que las familias no están en la capacidad de asumirlos.

4.1.6. Características Culturales

Las localidades de Culqui y Culqui Alto cuenta con instituciones educativas (inicial y primaria) y la localidad de Culqui cuenta además con una Institución Educativa Secundaria.

Tabla 4. 1 "Centros educativos en las localidades de Culqui - Culqui alto"

| # | Nombre | Nivel/ Modalidad | Gestión/ Dependencia | Dirección | Departamento / Provincia/Distrito | Alumnos |
|---|------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------|
| 1 | 20655 | Inicial - Primaria | Pública – Sector Educación | CULQ UI ALTO | Piura/ Ayabaca/ Paimas | 9 |
| 2 | COL. NAC. CULQUI | Inicial – Jardín | Pública – Sector Educación | CULQ UI | Piura/ Ayabaca/ Paimas | 47 |
| 3 | COL. NAC. CULQUI | Primaria | Pública – Sector Educación | CULQ UI | Piura/ Ayabaca/ Paimas | 161 |
| 4 | COL. NAC. CULQUI | Secundaria | Pública – Sector Educación | CULQ UI | Piura/ Ayabaca/ Paimas | 172 |

La localidad de Culqui Alto no cuenta con institución de nivel secundario es por ello que los jóvenes deben desplazarse a las localidades más cercanas.

Según la información brindada por la Municipalidad Distrital de Paimas el 6.1% de la población solamente tiene nivel inicial, el 59.8% de la población ha accedido a estudiar nivel primario. Asimismo solo un 16.2% alcanzo a estudiar el nivel secundario; y solo un 17.9% de la población no ha tenido acceso a la educación, de la estadística brindada por la MDP podemos concluir que al menos la población en su mayoría sabe leer y escribir básicamente.

4.2. Evaluación del sistema de agua potable

4.2.1. Evaluación del Sistema de Agua potable de Culqui Alto

4.2.1.1. Captación

➤ Captación Masas

La captación Masas, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 609987.036 E 9485013.108 N; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S, y a una cota de 780.14 m.s.n.m.


La captación, es un manantial de tipo ladera, el componente fue construido en el año 2001, la caja se encuentra en estado operativo con limitaciones y su estado físico es bueno, el caudal aforado mediante el método volumétrico es de 0.35 lt/s.

Tabla 4. 2 “Prueba de aforamiento en la Captación Masas”

| Nº de Medición | Volumen (lt) | Tiempo (s) | Caudal (l/s) |
|----------------|--------------|------------|--------------|
| MCM – 1 | 4 | 11.4 | 0.351 |
| MCM – 2 | 4 | 11.2 | 0.357 |
| MCM – 3 | 4 | 11.6 | 0.345 |
| MCM – 4 | 4 | 11.5 | 0.348 |
| MCM – 5 | 4 | 11.3 | 0.354 |

De las pruebas de aforamiento se obtuvieron un caudal disponible de la fuente de 0.35 l/s.

Tabla 4. 3 "Evaluación de la captación Masas"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|--|-------------------------|--|------------------------|
| CAPTACIÓN | | | |
| Nombre de Fuente / Captación: CAPTACIÓN MASAS | | | |
| Tipo de Fuente | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial | Norte: 9485013.11 | 3 horas | 2 Km |
| 2.- Subterránea (x) | Este: 609987.04 | | |
| 3.- Pozo | Altura: 780.14 m.s.n.m. | | |
| 4.- Otros: | Ref: | | |
| Acceso a la fuente | Tipo | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie (x) | Ladera: (x) | Operativa (x) | 0.35 |
| 2.- Vehículo | Fondo: | Dañada | |
| 3.- Bote | Mixta: | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: Limitada | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado (x) | Largo (m): 1.00 m | 1. Si (x) 2. No | 1. Bueno |
| 2. Con. Cidlopeo | Ancho (m): 1.20 m | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): 1.20 m | | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): 10 | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
|  | | | |
| Observaciones: La captación y la valvula cuentan con tapas metálicas la cuales no cuentan con un sistema de seguridad adecuado. La válvula de compuerta posee una caja de protección en regular estado y se encuentra en funcionamiento, la captación no cuenta con obras de protección se encuentra al acceso directo de personas y animales que podrían contaminar la fuente. | | | |
| Fecha: 10/03/2017 | | Realizado por: Bach. Gustavo Saavedra Valladolid | |

➤ *Captación Potrancas*

La captación Potrancas, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 9485193.66 N 609589.16 E; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S, y a una cota de 804.68 m.s.n.m.


La captación, es un manantial de tipo ladera, el componente fue construido en el año 2001, la caja se encuentra en estado operativo con limitaciones y su estado físico es bueno, el caudal aforado mediante el método volumétrico es de 0.45 lt/s.

Tabla 4. 4 "Prueba de Aforamiento de la Captación Potrancas"

| N° de Medición | Volumen (lt) | Tiempo (s) | Caudal (l/s) |
|----------------|--------------|------------|--------------|
| MCM – 1 | 4 | 8.8 | 0.455 |
| MCM – 2 | 4 | 8.9 | 0.449 |
| MCM – 3 | 4 | 8.6 | 0.465 |
| MCM – 4 | 4 | 8.8 | 0.454 |
| MCM – 5 | 4 | 8.7 | 0.459 |

De las pruebas de aforamiento se obtuvieron un caudal disponible de la fuente de 0.45 l/s.

Tabla 4. 5 "Evaluación de la captación Potrancas"



| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|--|-------------------------|--|------------------------|
| CAPTACIÓN | | | |
| Nombre de Fuente / Captación: CAPTACIÓN POTRANCAS | | | |
| Tipo de Fuente | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial | Norte: 9485193.66 | 4 horas | 2.8 |
| 2.- Subterránea (x) | Este: 609589.16 | | |
| 3.- Pozo | Altura: 804.68 m.s.n.m. | | |
| 4.- Otros: | Ref: | | |
| Acceso a la fuente | Tipo | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie (x) | Ladera: (x) | Operativa (x) | 0.45 |
| 2.- Vehículo | Fondo: | Dañada | |
| 3.- Bote | Mixta: | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: Limitada | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado (x) | Largo (m): 1.20 m | 1. Si (x) | 1. Bueno |
| 2. Con. Ciclopeo | Ancho (m): 1.20 m | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): 1.20 m | 2. No | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): 10 | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
|  | | | |
| Observaciones: La captación y la válvula cuentan con tapas metálicas la cuales no cuentan con un sistema de seguridad adecuado. La válvula de compuerta posee una caja de protección en regular estado y se encuentra en funcionamiento, la captación no cuenta con obras de protección se encuentra al acceso directo de personas y animales que podrían contaminar la fuente. | | | |
| Fecha: 10/03/2017 | | Realizado por: Bach. Gustavo Saavedra Valladolid | |

4.2.1.2. Cámara de Reunión

La cámara de reunión, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 9485478.25 N 609612.34 E; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S, y a una cota de 740.85 m.s.n.m.

La cámara de reunión, es un componente que fue construido en el año 2001, la caja se encuentra en estado operativo con limitaciones y su estado físico es regular.

Tabla 4. 6 "Evaluación de la cámara de reunión"



| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|--|-------------------------|--|------------------------|
| CÁMARA DE REUNIÓN | | | |
| Nombre de Fuente / Captación: CÁMARA DE REUNIÓN | | | |
| Tipo | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial (x) | Norte: 9485478.246 | 2 | 1.2 |
| 2.- Enterrada | Este: 609612.343 | | |
| 3.- Semienterrada | Altura: 740.85 m.s.n.m. | | |
| 4.- Comentarios: | Ref: | | |
| Acceso a la cámara | Estado | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie (x) | 1. Bueno | Operativa (x) | 0.80 |
| 2.- Vehículo | 2. Regular | Dañada | |
| 3.- Bote | 3. Malo | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: Limitada | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado (x) | Largo (m): 1.00 m | 1. Si (x) | 1. Bueno |
| 2. Con. Ciclopeo | Ancho (m): 1.00 m | 2. No | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): 1.20 m | | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): 10 | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
|  | |  | |
| Observaciones: La cámara de reunión y la válvula cuentan con tapas metálicas la cuales no cuentan con un sistema de seguridad adecuado. La válvula de compuerta posee una caja de protección en regular estado y se encuentra en funcionamiento, la cámara de reunión no cuenta con obras de protección se encuentra al acceso directo de personas y animales que podrían contaminar la fuente. | | | |
| Fecha: 10/03/2017 | | Realizado por: Bach. Gustavo Saavedra Valladolid | |

4.2.1.3. Cámara Rompe Presión

La cámara rompe presión, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 9485890.44 N 609821.44 E; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S, y a una cota de 653.13 m.s.n.m.

La cámara rompe presión, es un componente que fue construido en el año 2001, la caja se encuentra en estado operativo con limitaciones y su estado físico es regular.

Tabla 4. 7 "Evaluación de la cámara rompe presión"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|--|-------------------------|--|------------------------|
| CÁMARA ROMPE PRESIÓN | | | |
| Nombre de Fuente / Captación: CÁMARA ROMPE PRESIÓN | | | |
| Tipo | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial | Norte: 9485890.436 | 1.5 | 0.7 |
| 2.- Enterrada | Este: 609821.436 | | |
| 3.- Semienterrada (X) | Altura: 653.13 m.s.n.m. | | |
| 4.- Comentarios: | Ref: | | |
| Acceso a la cámara | Estado | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie (x) | 1. Bueno | Operativa (x) | 0.80 |
| 2.- Vehículo | 2. Regular | Dañada | |
| 3.- Bote | 3. Malo | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: | Comentario: Limitada | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado (x) | Largo (m): 0.80 m | 1. Si 2. No (X) | 1. Bueno |
| 2. Con. Ciclopeo | Ancho (m): 0.80 m | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): 1.00 m | | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): 10 | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
|   | | | |
| Observaciones: La cámara de reunión y la válvula cuentan con tapas metálicas la cuales no cuentan con un sistema de seguridad adecuado. La válvula de compuerta posee una caja de protección en regular estado y se encuentra en funcionamiento, la cámara de reunión no cuenta con obras de protección se encuentra al acceso directo de personas y animales que podrían contaminar la fuente. | | | |
| Fecha: 10/03/2017 | | Realizado por: Bach. Gustavo Saavedra Valladolid | |

4.2.1.4. Línea de conducción

La línea de conducción 01 inicia de la captación Potrancas hacia la cámara de reunión, con una longitud 361.27 m, se utiliza una tubería de PVC de 60 mm.


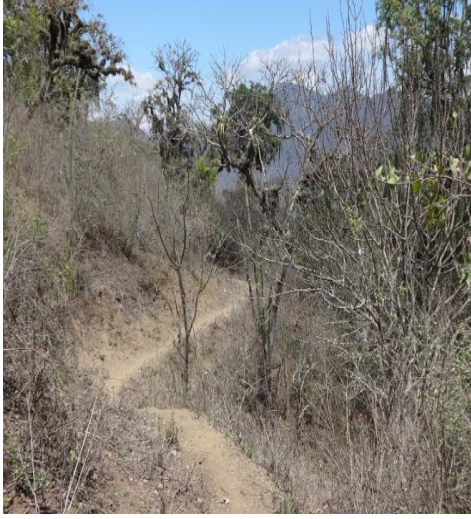
La línea de conducción 02 inicia de la captación Masas hacia la cámara de reunión con una longitud de 561.94 m, se utiliza una tubería de PVC de 60 mm.

La línea de conducción 03 inicia de la cámara de reunión hasta el reservorio de almacenamiento con una longitud de 910.79 m, se utiliza una tubería de PVC de 60 mm.

Las líneas de conducción fueron construidas en el año 2001, en la actualidad presenta ciertos problemas, uno de los más importantes y que ha causado insatisfacción de los usuarios es que ciertos tramos de la tubería se encuentran en malas condiciones, existiendo tramos donde se observa tubería expuesta, fugas de tubería y fisuras considerables que provocan la contaminación del agua.

En el recorrido de las líneas de la conducción se pudo verificar que no existen válvulas de purga, de aire ni de control.

Tabla 4. 8 "Evaluación de la línea de conducción"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|---|------------------------|----------------------------|---------------------|
| LÍNEA DE CONDUCCIÓN | | | |
| Desde | Hasta | Longitud Estimada (km) | Diametro / Material |
| Norte: | Norte: | 1.834 KM | 2" / PVC |
| Este: | Este: | | |
| Altura: | Altura: | | |
| Ref: | Ref: | | |
| Número de Válvulas | Estado de las Válvulas | Cámara Rompe Presión | Estado de las CRP |
| V. Control: 0 | Buena: | 1. Si (X) ¿Cuántas? 1 | Buena: |
| V. Purga: 0 | Regular: | | Regular: |
| V. Aire: 0 | Mala: | 2. No | Mala: |
| Total: 0 | Comentario: | | Comentario: |
| Existen accesorios | Estado de accesorios | Existen fugas | Antigüedad |
| 1. Si (X) ¿Cuántas? | Buena: | 1. Si (X) | 15 AÑOS |
| | Regular: | | |
| 2. No | Mala: | 2. No | |
| | Comentario: | | |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

4.2.1.5. Reservoirio

El reservorio de almacenamiento, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 9486411.56 N 6096470.37 E; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S; y a una cota de 626.00 m.s.n.m.


El reservorio de almacenamiento, es un componente que fue construido en el año 2001, la caja se encuentra en estado operativo con limitaciones y su estado físico es regular.

El reservorio de almacenamiento tiene una capacidad de 14 m³ sirve como tanque de tratamiento y suministro a la población beneficiaria. El reservorio tiene un diámetro de 3 m y una altura de 2 m, se encuentran fisuras a través por la cual se puede filtrar agua.

Los accesorios de ingreso del reservorio se encuentran en estado regular, conformado por tuberías de pvc de 60 mm y una válvula de compuerta al ingreso que se encuentran funcionando normalmente.

El reservorio, no cuenta con cerco de seguridad el cual impida el ingreso de personas particulares presentando condiciones desfavorables.

Tabla 4. 9 "Evaluación de reservorio apoyado"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|--|-------------------|----------------------|------------------------|
| RESERVORIO | | | |
| Tipo | Material | Coordenadas UTM | Medidas Promedio |
| 1.- Elevado | Concreto: (X) | Norte: 9486411.567 | Largo (m): 3 diametro |
| 2.- Superficial (X) | Ferrocemento: | Este: 609670.374 | Ancho (m): |
| 3.- Enterrado | Polietileno | Altura: 626 m.s.n.m. | Altura (m): 2 |
| 4.- Otros: | Acero | Ref: | Espesor (cm): 0.15 |
| Funcionamiento | Volumen | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| Operativa (x) | 14.14 | 1. Si (x) | 1. Bueno |
| Dañada | | | 2. Regular |
| Colapsada | | 2. No | 3. Malo |
| Comentario: | | | Comentario: |
| Tubería de Entrada | Tubería de Salida | Tubería de Rebose | Antigüedad |
| Material PVC | Material pvc | Material PVC | 15 |
| Diametro 2" | Diametro 2" | Diametro 2" | |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
|  | | | |
| Observaciones: | | | |
| Fecha: | | Realizado por: | |

4.2.1.6. Red de distribución

La red de distribución, es una red abierta comúnmente utilizadas en zonas rurales, las tuberías utilizadas en la red son de material de PVC y de los siguientes diámetros: 40mm, 32 mm y 25 mm.

La red de distribución fue construida en el año 2001, en la actualidad presenta ciertos problemas, uno de los más importantes y que ha causado insatisfacción de los usuarios es que ciertos tramos de la tubería se encuentran en malas condiciones, existiendo tramos donde se observa tubería expuesta, fugas de tubería y fisuras considerables que provocan la contaminación del agua. En el recorrido de la red se pudo verificar que no existen válvulas de purga, de aire ni de control. Además las conexiones clandestinas en la red hacen que un promedio del 50% de agua sea considerada en pérdidas por fugas.

4.2.2. Evaluación del Sistema de Agua potable de Culqui

4.2.2.1. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento del sistema de agua potable del centro poblado de Culqui, es el Canal de Quiroz, que según información del ANA es una derivación del río Quiroz a través de una toma llamada la Samba, ubicada en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca. El ANA determina que el canal Quiroz transporta caudales que oscilan entre 2 m³/s hasta 60 m³/s, caudales de agua suficiente para los requerimientos del sistema de abastecimiento de agua potable.

Esta fuente está garantizada para el consumo actual y futuro dando estabilidad al sistema en cuanto a cantidad y continuidad, su calidad en cambio no es la mejor, pero con la planta de tratamiento se obtiene agua tratada de buena calidad que alcance los parámetros de la norma del RNE, lo que asegura la sostenibilidad del sistema en el tiempo.

Con el objetivo de determinar las características físico – químicas y bacteriológicas del agua captada, se tomaran muestras y se hicieron los análisis básicos. El estudio de calidad de agua concluye que la fuente no presenta valores permisibles para el consumo humano presentando cantidades fuera de los rangos en características como: turbiedad, coliformes totales y color por lo que es necesario un tratamiento

convencional que consiste en desarenación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.


4.2.2.2. Captación Superficial del Canal Quiroz

La captación superficial de Canal Quiroz, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 9 486 913.39 N 610 453.19 E; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S, y a una cota de 579.70 m.s.n.m.

La captación, es una toma lateral por gravedad, el componente fue construido en el año 2012, la caja se encuentra en estado operativo y su estado es bueno, el caudal aforado mediante el método volumétrico es de 3.80 lt/s.

Para obtener el caudal se utilizó el método de aforo volumétrico, que permite medir caudales menores de 5.0 l/s, para ello ha sido necesario contar con un balde, de volumen conocido para la colecta del agua, anotando el tiempo que demora en llenarse. Esta operación se realizó cinco veces con la finalidad de obtener mayor exactitud.

Tabla 4. 10 "Evaluación de captación Canal Quiroz"

| FICHA DE EVALUACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | |
|--|-------------------------|--|------------------------|
| CAPTACIÓN | | | |
| Nombre de Fuente / Captación: CAPTACIÓN SUPERFICIAL CANAL QUIROZ | | | |
| Tipo de Fuente | Coordenadas UTM | Tiempo en recorrido (h) | Distancia (km) |
| 1.- Superficial (x) | Norte: 9 486 913.19 | 0.5 | 1.5 |
| 2.- Subterránea | Este: 610 453.19 | | |
| 3.- Pozo | Altura: 579.70 m.s.n.m. | | |
| 4.- Otros: | Ref: | | |
| Acceso a la fuente | Tipo | Funcionamiento | Caudal (l/s) |
| 1.- A pie | Ladera: | Operativa (x) | 3.80 |
| 2.- Vehículo (x) | Fondo: | Dañada | |
| 3.- Bote | Mixta: | Colapsada | |
| 4.- Otros: | Comentario: Canal | Comentario: | |
| Material de la Unidad | Medidas Promedio | Existen válvulas | Estado de las válvulas |
| 1. Conc. Armado (x) | Largo (m): 1.50 | 1. Si (x) | 1. Bueno |
| 2. Con. Cidlopeo | Ancho (m): 1.20 | | 2. Regular |
| 3. Albañilería | Altura (m): 1.80 | 2. No | 3. Malo |
| 4. Otros: | Espesor (cm): 15 | | Comentario: |
| ANEXOS FOTOGRÁFICOS | | | |
|  | | | |
| Observaciones: La captación superficial del Canal Quiroz tiene una antigüedad de 5 años, tiene tapa metálica. La captación en general se encuentra en buen estado solo hace falta mantenimiento preventivo y obras de protección. | | | |
| Fecha: 10/03/2017 | | Realizado por: Bach. Gustavo Saavedra Valladolid | |

4.2.2.3. Línea de conducción

La línea de conducción inicia en la toma lateral hasta la planta de tratamiento de agua potable, teniendo una longitud aproximadamente de 80 m, el material utilizado en la tubería es de PVC con un diámetro de 110 mm.

La línea de conducción fue construida en el año 2012, en la actualidad se encuentra en buen estado.

4.2.2.4. Planta de tratamiento de Agua potable

La Planta de Tratamiento de Agua Potable, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 9 486 911.04 N 610 375.01 E; en el sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS 84 – Zona 17 S, y a una cota de 572.30 m.s.n.m.

Figura 4. 4 “Ubicación de la PTAP – Culqui”



La planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del centro poblado de Culqui es de tipo convencional, por lo tanto sus componentes son: floculación, sedimentador, filtrador y tanque de almacenamiento que se encuentra a cargo de las JASS Culqui.

Figura 4. 5 “PTAP – distribución”



Los componentes de la PTAP – Culqui están construidas de concreto armado, la PTAP tiene un cerco perimétrico de 150 ml el cual está compuesto de: sobrecimiento de concreto armado y malla metálica cocada # 12.

La PTAP – Culqui tiene un producción de 3.7 l/s, la cual es suficiente para abastecer el consumo actual y proyectado.

4.2. Evaluación de la calidad física, química y biológica del agua.

Para evaluar la calidad física, química y biológica del agua, se realizaron las pruebas correspondientes en las captaciones de Masas y Potrancas por un laboratorio el cual llegó a las siguientes conclusiones:

El agua de manantial muestreado de la estación “Muestra 1.1 Captación Manantial Las Masas” presentó condiciones que suponen un agua cruda que puede ser sometida a un tratamiento de potabilización con desinfección (cloración, ozonificación, UV, etc.) o en el estado actual usada para el riego de vegetales y/o animales. Se observó baja carga de material suspendido, dureza elevada, bajos niveles de metales pesados, metaloides y no metales.

El agua del manantial muestreado de la estación “Muestra 1.2 Captación Manantial Potrancas” presentó condiciones que suponen un agua cruda que puede ser sometida a un tratamiento de potabilización con desinfección (cloración, ozonificación, UV, etc.) o en el estado actual usada para el riego de vegetales y/o animales. Se observó baja carga de material suspendido, dureza elevada, bajos niveles de metales pesados, metaloides y no metales.

4.3. Conclusiones de la Evaluación del Sistema actual de abastecimiento de agua

- En la evaluación realizada al sistema de abastecimiento de agua se tomaron en cuenta los parámetros como el material y el estado de los componentes actuales, dando como resultado los siguientes resultado que se muestran en el siguiente cuadro:

| CENTRO POBLADO | COMPONENTE | ESTADO |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------|
| CULQUI ALTO | Captación Masas | Bueno |
| | Captación Potrancas | Bueno |
| | Cámara de Reunión | Regular |
| | Cámara Rompe Presión | Regular |
| | Línea de Conducción | Malo |
| | Reservorio | Regular |
| | Red de distribución | Malo |
| CULQUI | Captación toma lateral Canal Quiroz | Bueno |
| | Línea de Conducción | Bueno |
| | PTAP – Reservorio | Bueno |
| | Red de distribución | Malo |

- Los aforamientos realizados en las captaciones Masas y Potrancas son las siguientes:
- ✓ Captación Masas: 0.35 lps
 - ✓ Captación Potrancas: 0.45 lps
- En las captaciones masas y potrancas, se puede evidenciar la falta de mantenimiento y protección en las captaciones, debido a que en la visita de evaluación se pudo observar animales cerca a la captación y los alrededores en completo abandono.

- La cámara de reunión, se puede evidenciar la falta de mantenimiento y protección, además se puede observar la filtración del agua a través de los muros de la cámara de reunión.
- En las líneas de conducción podemos observar que se encuentran deterioradas y presentan fisuras que generan que el agua este expuesta a la contaminación. Existen tramos de tubería que se encuentra superficialmente.
- El reservorio de almacenamiento actual de 14 m³ que abastece a la población necesita de mantenimiento y reparaciones para su uso.
- La red de distribución abierta, en gran parte fue hecha por los pobladores por lo que presenta muchas pérdidas por instalaciones de mano no calificada.
- El sistema de abastecimiento de agua potable actual de Culqui Alto ya cuenta con una antigüedad de más de 15 años sumándole que gran parte del sistema fue ejecutado por los mismos pobladores siendo mano de obra no calificada, se concluye que gran parte del sistema de abastecimiento se encuentra en mal estado, es por eso, que se rediseñara gran parte de los componentes del servicio de agua potable.
- La gran mayoría de los componentes del Sistema de agua potable de Culqui se encuentra en buen estado, solo se tendrá que diseñar la red de distribución de agua potable porque la red tiene una antigüedad de más de 15 años y gran parte de los tramos de tuberías fueron instaladas por los mismos pobladores.

CAPÍTULO V. PROPUESTA TÉCNICA TECNICA PARA MEJORAR Y AMPLIAR LOS SIST. DE ABAST. DE AGUA POTABLE”

5.1. Parámetros de diseño

5.1.1. Período de diseño

El período de diseño del sistema de agua potable está influenciado por diversos factores entre los cuales tenemos: vida útil de los equipos, monto de inversión y población futura. Por lo tanto el período de diseño proyectara de tal manera que pueda satisfacer la necesidad del usuario favorablemente durante un tiempo de vida útil determinado, garantizando la confiabilidad y buen funcionamiento de los elementos presentes del sistema.

Según la Norma OS 100 “Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria”, el periodo de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice la rentabilidad de todas las obras del sistema durante el periodo de diseño escogido. En el siguiente cuadro se mostraran algunos valores estimados del periodo de diseño de los diversos componentes del sistema:

Tabla 5. 1 “Vida útil de los elementos del sistema de agua potable”

| ELEMENTOS DEL SISTEMA | PERÍODO DE DISEÑO |
|---|--------------------------|
| Obras de captación | 20 – 30 años |
| Pozos | 20 – 30 años |
| Plantas de tratamiento, reservorios | 20 – 30 años |
| Tuberías de conducción y distribución | 20 – 30 años |
| Otros materiales y equipos según especificaciones | variable |

Según el cuadro, los elementos del sistema no consideran un mismo periodo de diseño, por lo que es preferible asumir un único periodo para el cálculo de todo el sistema. Es por ello que el período de diseño para el sistema de agua potable será de 20 años, tiempo en el cual los elementos se encontraran en operación y funcionando con normalidad.

5.1.2. Población actual

En un proyecto de abastecimiento de agua potable, la población actual es uno de los parámetros más importantes para elaborar el proyecto, por lo que es necesario hacer un estudio de la población actual.

Por lo tanto, se elaboró un empadronamiento de las viviendas y habitantes (Ver Anexo I) de toda la población de Culqui y Culqui Alto obteniendo los siguientes datos:

Tabla 5. 2 “Población actual de los centros poblados en estudio”

| CENTRO POBLADO RURAL | POBLACIÓN ACTUAL |
|-----------------------------|-------------------------|
| Culqui | 861 habitantes |
| Culqui Alto | 203 habitantes |

Teniendo la siguientes poblaciones beneficiarias 861 habitantes en Culqui y 203 habitantes en Culqui Alto en el año 2017.

5.1.3. Población de diseño

La población de diseño, son los habitantes para los cuales ha de diseñarse el sistema, además la población de diseño es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para la población.

Para el cálculo de la población de diseño, se ha tomado en cuenta la población actual 2017 tomada de los cuadernos de empadronamiento (ver Anexo I: Empadronamiento de habitantes de Culqui y Culqui Alto) que tienen los dirigentes de los centros poblados y los censos poblaciones de los años de 1981, 1993 y 2007 que nos proporciona el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Además, para el cálculo de la población futura se hará las proyecciones de crecimiento utilizando los siguientes métodos: lineal, geométrico, logarítmico y wappus, que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del profesional. La población futura será escogida mediante un promedio de ciertos métodos. La población de Culqui Alto, según los censos de 1981, 1993, 2007 y 2017 son las siguientes:

Tabla 5. 3 “Población según el INEI de los centros poblados en estudio”

| AÑO | POBLACION |
|------------|------------------|
| 1981 | 133 |
| 1993 | 153 |
| 2007 | 181 |
| 2017 | 203 |

➤ *Método Lineal*

$$P = P_1 + n\left(\frac{P_1 - P_0}{m}\right)$$

Para el cálculo de la población mediante el método lineal se analizó entre los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 4 “Población proyectada de Culqui alto – Método Lineal”

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | PROM. |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| K | 1.94 | 2.08 | 2.20 | 2.01 |
| 1 | 205 | 205 | 205 | 205 |
| 2 | 207 | 207 | 207 | 207 |
| 3 | 209 | 209 | 210 | 209 |
| 4 | 211 | 211 | 212 | 211 |
| 5 | 213 | 213 | 214 | 213 |
| 6 | 215 | 216 | 216 | 215 |
| 7 | 217 | 218 | 218 | 217 |
| 8 | 219 | 220 | 221 | 219 |
| 9 | 221 | 222 | 223 | 221 |
| 10 | 222 | 224 | 225 | 223 |
| 11 | 224 | 226 | 227 | 225 |
| 12 | 226 | 228 | 229 | 227 |
| 13 | 228 | 230 | 232 | 229 |
| 14 | 230 | 232 | 234 | 231 |
| 15 | 232 | 234 | 236 | 233 |
| 16 | 234 | 236 | 238 | 235 |
| 17 | 236 | 238 | 240 | 237 |
| 18 | 238 | 241 | 243 | 239 |
| 19 | 240 | 243 | 245 | 241 |
| 20 | 242 | 245 | 247 | 243 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método lineal en el centro poblado de Culqui alto: 243 habitantes.

➤ *Método Geométrico*

$$P = P_1 (1 + r)^n$$

Para el cálculo de la población mediante el método geométrico se analizó entres los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 5 “Población proyectada de Culqui alto – Método Geométrico”

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | PROM. |
|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| r | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.0117 |
| 2018 | 205 | 205 | 205 | 205 |
| 2019 | 208 | 208 | 208 | 208 |
| 2020 | 210 | 210 | 210 | 210 |
| 2021 | 213 | 213 | 213 | 213 |
| 2022 | 215 | 215 | 215 | 215 |
| 2023 | 218 | 218 | 217 | 218 |
| 2024 | 220 | 220 | 220 | 220 |
| 2025 | 223 | 223 | 223 | 223 |
| 2026 | 226 | 226 | 225 | 225 |
| 2027 | 228 | 228 | 228 | 228 |
| 2028 | 231 | 231 | 230 | 231 |
| 2029 | 234 | 234 | 233 | 234 |
| 2030 | 236 | 237 | 236 | 236 |
| 2031 | 239 | 239 | 238 | 239 |
| 2032 | 242 | 242 | 241 | 242 |
| 2033 | 245 | 245 | 244 | 245 |
| 2034 | 248 | 248 | 247 | 248 |
| 2035 | 251 | 251 | 250 | 250 |
| 2036 | 254 | 254 | 252 | 253 |
| 2037 | 257 | 257 | 255 | 256 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método geométrico en el centro poblado de Culqui alto: 256 habitantes.

➤ **Método Wappus**

$$P_f = P_i \left(\frac{200 + i(T_f - T_i)}{200 - i(T_f - T_i)} \right)$$

Para el cálculo de la población mediante el método wappus se analizó entres los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 6 “Población proyectada de Culqui alto – Método Wappus”

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | PROM. |
|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| i | 1.16 | 1.17 | 1.15 | 1.16 |
| 2018 | 314 | 273 | 230 | 272 |
| 2019 | 317 | 276 | 233 | 275 |
| 2020 | 321 | 279 | 236 | 279 |
| 2021 | 325 | 283 | 238 | 282 |
| 2022 | 329 | 286 | 241 | 285 |
| 2023 | 333 | 289 | 244 | 289 |
| 2024 | 337 | 293 | 247 | 292 |
| 2025 | 342 | 297 | 250 | 296 |
| 2026 | 346 | 300 | 253 | 300 |
| 2027 | 350 | 304 | 256 | 303 |
| 2028 | 355 | 308 | 259 | 307 |
| 2029 | 359 | 311 | 262 | 311 |
| 2030 | 364 | 315 | 265 | 315 |
| 2031 | 368 | 319 | 268 | 318 |
| 2032 | 373 | 323 | 271 | 322 |
| 2033 | 378 | 327 | 274 | 326 |
| 2034 | 383 | 331 | 277 | 330 |
| 2035 | 388 | 335 | 281 | 334 |
| 2036 | 393 | 340 | 284 | 339 |
| 2037 | 398 | 344 | 287 | 343 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método wappus en el centro poblado de Culqui alto: 343 habitantes.

➤ *Método Logarítmico*

$$P_f = P_{CI} \cdot e^{K_g (T_f - T_{CI})}$$

Para el cálculo de la población mediante el método lineal se analizó entre los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 7 “Población proyectada de Culqui alto – Método Logarítmico”

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | PROM. |
|-------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| Kg | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2018 | 205 | 207 | 203 | 205 |
| 2019 | 207 | 210 | 206 | 208 |
| 2020 | 210 | 212 | 208 | 210 |
| 2021 | 212 | 215 | 210 | 213 |
| 2022 | 215 | 218 | 213 | 215 |
| 2023 | 217 | 220 | 215 | 218 |
| 2024 | 220 | 223 | 218 | 220 |
| 2025 | 222 | 226 | 220 | 223 |
| 2026 | 225 | 228 | 223 | 225 |
| 2027 | 228 | 231 | 225 | 228 |
| 2028 | 230 | 234 | 228 | 231 |
| 2029 | 233 | 237 | 231 | 233 |
| 2030 | 236 | 240 | 233 | 236 |
| 2031 | 238 | 242 | 236 | 239 |
| 2032 | 241 | 245 | 239 | 242 |
| 2033 | 244 | 248 | 241 | 245 |
| 2034 | 247 | 251 | 244 | 247 |
| 2035 | 250 | 254 | 247 | 250 |
| 2036 | 253 | 257 | 250 | 253 |
| 2037 | 256 | 260 | 253 | 256 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método logarítmico en el centro poblado de Culqui alto: 256 habitantes.

➤ **Conclusión de población de Culqui Alto**

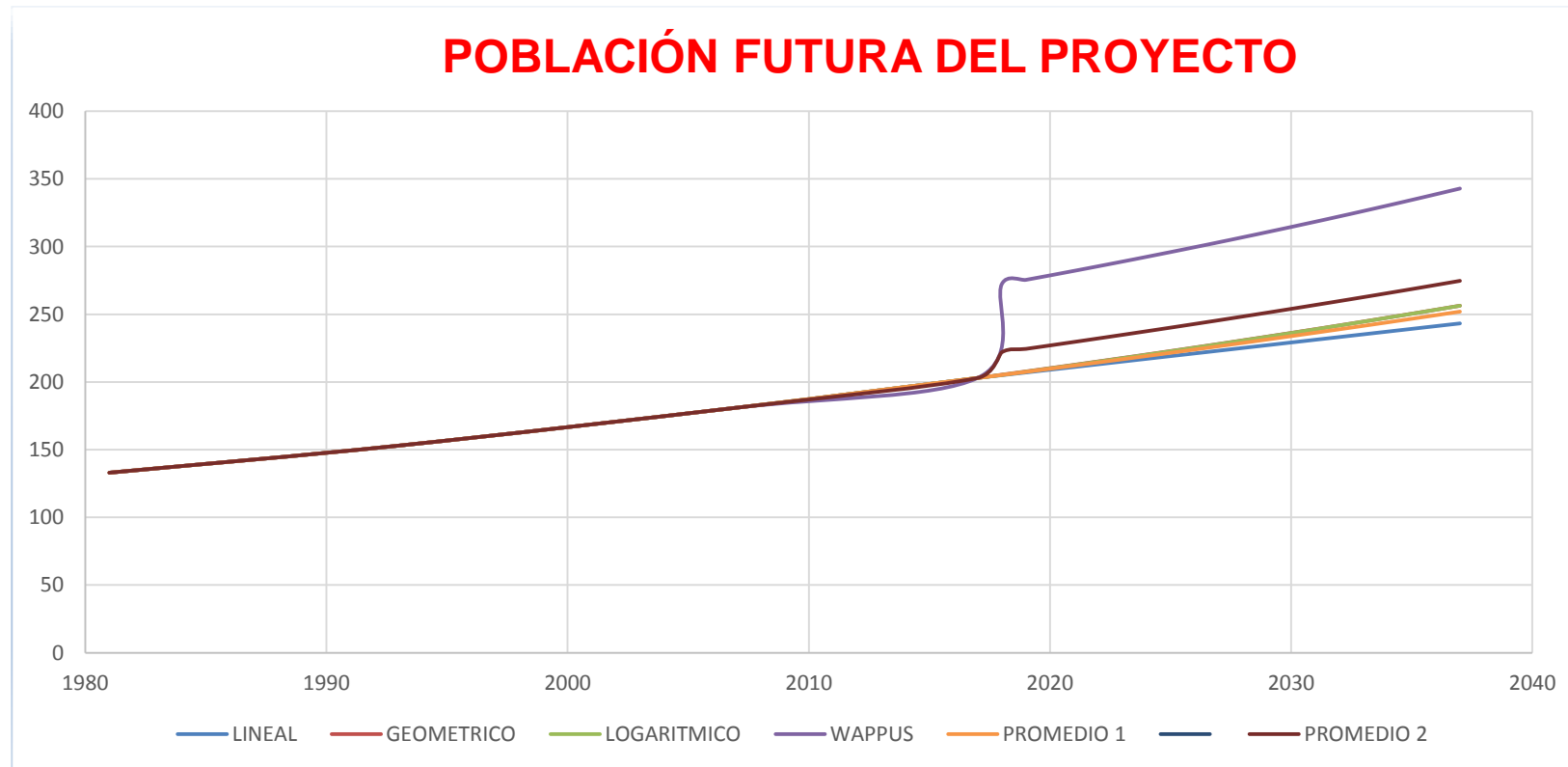
La población proyectada de Culqui Alto, teniendo en cuenta las características de condiciones climáticas del lugar, topografía y condiciones socioeconómicas se seleccionara el promedio de las curvas más cercanas eliminando la que se aleja más.

Tabla 5. 8 “Población proyectada de Culqui alto – Resumen”

| AÑO | LINEAL | GEOMETRICO | LOGARITMICO | WAPPUS | PROMEDIO 1 | PROMEDIO 2 |
|------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1981 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| 1993 | 153 | 153 | 153 | 153 | 153 | 153 |
| 2007 | 181 | 181 | 181 | 181 | 181 | 181 |
| 2017 | 203 | 203 | 203 | 203 | 203 | 203 |
| 2018 | 205 | 205 | 205 | 272 | 205 | 222 |
| 2019 | 207 | 208 | 208 | 275 | 207 | 224 |
| 2020 | 209 | 210 | 210 | 279 | 210 | 227 |
| 2021 | 211 | 213 | 213 | 282 | 212 | 230 |
| 2022 | 213 | 215 | 215 | 285 | 214 | 232 |
| 2023 | 215 | 218 | 218 | 289 | 217 | 235 |
| 2024 | 217 | 220 | 220 | 292 | 219 | 237 |
| 2025 | 219 | 223 | 223 | 296 | 222 | 240 |
| 2026 | 221 | 225 | 225 | 300 | 224 | 243 |
| 2027 | 223 | 228 | 228 | 303 | 226 | 246 |
| 2028 | 225 | 231 | 231 | 307 | 229 | 248 |
| 2029 | 227 | 234 | 233 | 311 | 231 | 251 |
| 2030 | 229 | 236 | 236 | 315 | 234 | 254 |
| 2031 | 231 | 239 | 239 | 318 | 236 | 257 |
| 2032 | 233 | 242 | 242 | 322 | 239 | 260 |
| 2033 | 235 | 245 | 245 | 326 | 241 | 263 |
| 2034 | 237 | 248 | 247 | 330 | 244 | 266 |
| 2035 | 239 | 250 | 250 | 334 | 247 | 269 |
| 2036 | 241 | 253 | 253 | 339 | 249 | 272 |
| 2037 | 243 | 256 | 256 | 343 | 252 | 275 |

El mejor criterio para seleccionar a la población es promediando las proyecciones más cercanas y eliminando las proyecciones que se alejan mucho. Podemos apreciar en la siguiente grafica el promedio 1.

Figura 5. 1 “Población proyectada de Culqui alto – Resumen”



La población de Culqui, según los censos de 1981, 1993, 2007 son las siguientes:

Tabla 5. 9 “Población según el INEI de los centros poblados en estudio”

| AÑO | POBLACION |
|------------|------------------|
| 1981 | 564 |
| 1993 | 650 |
| 2007 | 766 |
| 2017 | 861 |

➤ *Método Lineal*

$$P = P_1 + n\left(\frac{P_1 - P_0}{m}\right)$$

Para el cálculo de la población mediante el método lineal se analizó entre los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 10 “Población proyectada de Culqui – Método Lineal”

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| K | 8.25 | 8.79 | 9.50 | 8.52 |
| 2018 | 869 | 870 | 871 | 870 |
| 2019 | 878 | 879 | 880 | 878 |
| 2020 | 886 | 887 | 890 | 887 |
| 2021 | 894 | 896 | 899 | 895 |
| 2022 | 902 | 905 | 909 | 904 |
| 2023 | 911 | 914 | 918 | 912 |
| 2024 | 919 | 923 | 928 | 921 |
| 2025 | 927 | 931 | 937 | 929 |
| 2026 | 935 | 940 | 947 | 938 |
| 2027 | 944 | 949 | 956 | 946 |
| 2028 | 952 | 958 | 966 | 955 |
| 2029 | 960 | 967 | 975 | 963 |
| 2030 | 968 | 975 | 985 | 972 |
| 2031 | 977 | 984 | 994 | 980 |
| 2032 | 985 | 993 | 1004 | 989 |
| 2033 | 993 | 1002 | 1013 | 997 |
| 2034 | 1001 | 1010 | 1023 | 1006 |
| 2035 | 1010 | 1019 | 1032 | 1014 |
| 2036 | 1018 | 1028 | 1042 | 1023 |
| 2037 | 1026 | 1037 | 1051 | 1031 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método lineal en el centro poblado de Culqui: 1031 habitantes.

➤ *Método Geométrico*

$$P = P_1 (1 + r)^n$$

Para el cálculo de la población mediante el método geométrico se analizó entres los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 11 “Población proyectada de Culqui – Método Geométrico”

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| r | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.0118 |
| 2018 | 871 | 871 | 871 | 871 |
| 2019 | 881 | 881 | 881 | 881 |
| 2020 | 892 | 892 | 892 | 892 |
| 2021 | 902 | 902 | 902 | 902 |
| 2022 | 913 | 913 | 913 | 913 |
| 2023 | 924 | 924 | 924 | 924 |
| 2024 | 935 | 935 | 934 | 935 |
| 2025 | 946 | 946 | 945 | 946 |
| 2026 | 957 | 957 | 957 | 957 |
| 2027 | 968 | 968 | 968 | 968 |
| 2028 | 980 | 979 | 979 | 979 |
| 2029 | 991 | 991 | 991 | 991 |
| 2030 | 1003 | 1003 | 1002 | 1003 |
| 2031 | 1015 | 1014 | 1014 | 1015 |
| 2032 | 1027 | 1026 | 1026 | 1026 |
| 2033 | 1039 | 1038 | 1038 | 1039 |
| 2034 | 1051 | 1051 | 1050 | 1051 |
| 2035 | 1064 | 1063 | 1063 | 1063 |
| 2036 | 1076 | 1076 | 1075 | 1076 |
| 2037 | 1089 | 1088 | 1088 | 1088 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método geométrico en el centro poblado de Culqui: 1088 habitantes.

➤ **Método Wappus**

$$P_f = P_i \left(\frac{200 + i(T_f - T_i)}{200 - i(T_f - T_i)} \right)$$

Para el cálculo de la población mediante el método wappus se analizó entres los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 12 “Población proyectada de Culqui – Método Wappus”

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| i | 1.16 | 1.16 | 1.17 | 1.16 |
| 2018 | 1330 | 1154 | 979 | 1155 |
| 2019 | 1347 | 1168 | 991 | 1168 |
| 2020 | 1363 | 1182 | 1002 | 1183 |
| 2021 | 1380 | 1196 | 1014 | 1197 |
| 2022 | 1397 | 1211 | 1026 | 1211 |
| 2023 | 1414 | 1225 | 1038 | 1226 |
| 2024 | 1432 | 1240 | 1051 | 1241 |
| 2025 | 1450 | 1255 | 1063 | 1256 |
| 2026 | 1468 | 1270 | 1076 | 1271 |
| 2027 | 1486 | 1286 | 1089 | 1287 |
| 2028 | 1505 | 1301 | 1102 | 1303 |
| 2029 | 1524 | 1317 | 1115 | 1319 |
| 2030 | 1543 | 1333 | 1128 | 1335 |
| 2031 | 1563 | 1350 | 1142 | 1351 |
| 2032 | 1582 | 1366 | 1155 | 1368 |
| 2033 | 1603 | 1383 | 1169 | 1385 |
| 2034 | 1623 | 1400 | 1183 | 1402 |
| 2035 | 1644 | 1418 | 1198 | 1420 |
| 2036 | 1665 | 1436 | 1212 | 1438 |
| 2037 | 1687 | 1454 | 1227 | 1456 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método lineal en el centro poblado de Culqui: 1456 habitantes.

➤ *Método Logarítmico*

$$P_f = P_{CI} \cdot e^{K_g (T_f - T_{CI})}$$

Para el cálculo de la población mediante el método lineal se analizó entre los años 1983 – 2017, 1993 – 2017 y 2007 – 2017; obteniendo como población proyectada el promedio de ambos análisis:

Tabla 5. 13 “Población proyectada de Culqui – Método Logarítmico”

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kg | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2018 | 874 | 870 | 869 | 871 |
| 2019 | 884 | 881 | 879 | 881 |
| 2020 | 895 | 891 | 890 | 892 |
| 2021 | 905 | 902 | 900 | 902 |
| 2022 | 916 | 912 | 911 | 913 |
| 2023 | 927 | 923 | 922 | 924 |
| 2024 | 938 | 934 | 932 | 935 |
| 2025 | 949 | 945 | 943 | 946 |
| 2026 | 960 | 956 | 954 | 957 |
| 2027 | 972 | 967 | 966 | 968 |
| 2028 | 983 | 979 | 977 | 980 |
| 2029 | 995 | 990 | 989 | 991 |
| 2030 | 1007 | 1002 | 1000 | 1003 |
| 2031 | 1019 | 1014 | 1012 | 1015 |
| 2032 | 1031 | 1026 | 1024 | 1027 |
| 2033 | 1043 | 1038 | 1036 | 1039 |
| 2034 | 1056 | 1050 | 1048 | 1051 |
| 2035 | 1068 | 1063 | 1060 | 1064 |
| 2036 | 1081 | 1075 | 1073 | 1076 |
| 2037 | 1094 | 1088 | 1085 | 1089 |

Se obtuvo como población proyectada a 20 años mediante el método lineal en el centro poblado de Culqui: 1089 habitantes.

➤ *Conclusión de población*

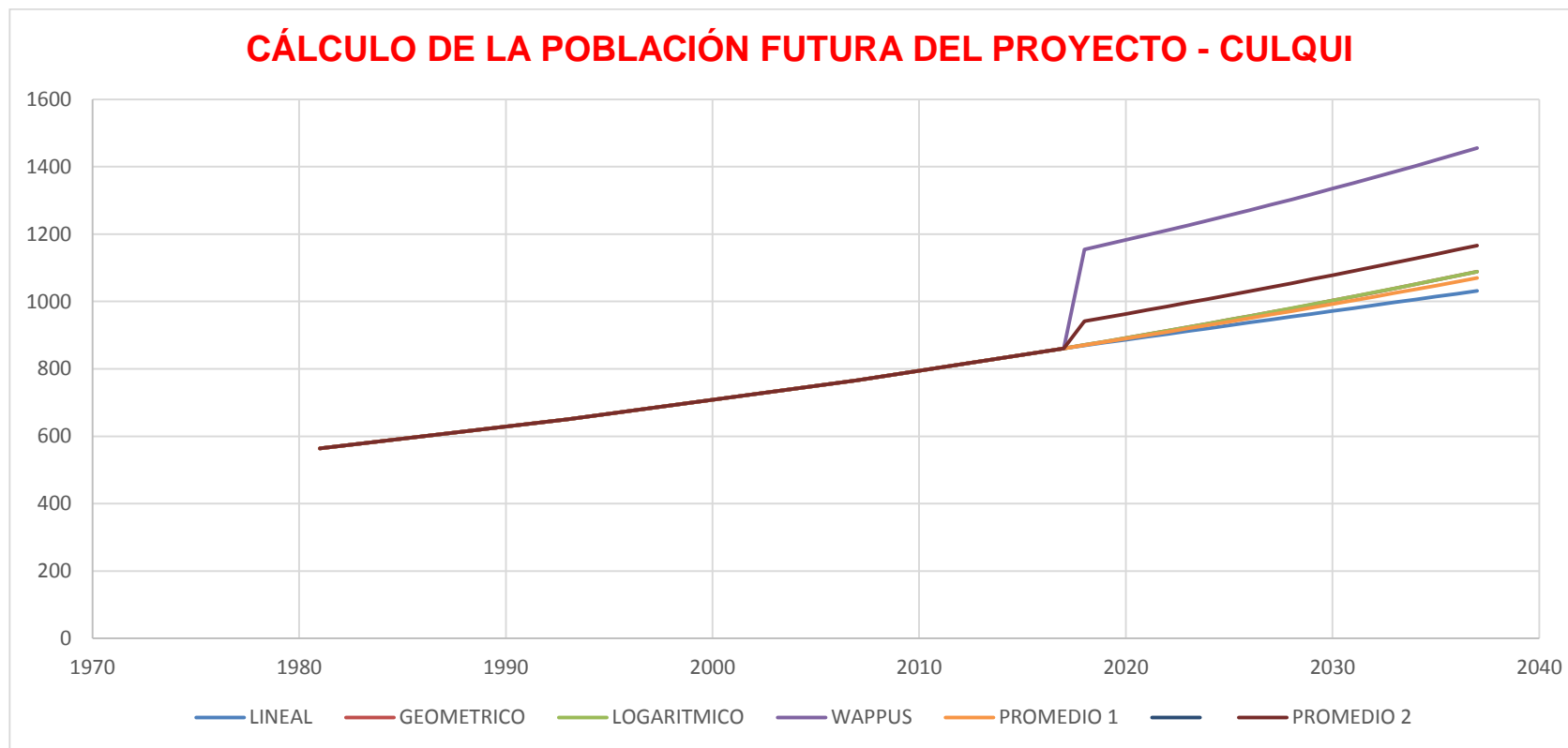
La población futura de Culqui, teniendo en cuenta las características de condiciones climáticas del lugar, topografía y condiciones socioeconómicas se seleccionara el promedio de las curvas más cercanas eliminando la que se aleja más.

Tabla 5. 14 “Población proyectada de Culqui – Resumen”

| AÑO | LINEAL | GEOMETRICO | LOGARITMICO | WAPPUS | PROMEDIO 1 | PROMEDIO 2 |
|-------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1981 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 |
| 1993 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 |
| 2007 | 766 | 766 | 766 | 766 | 766 | 766 |
| 2017 | 861 | 861 | 861 | 861 | 861 | 861 |
| 2018 | 870 | 871 | 871 | 1155 | 871 | 942 |
| 2019 | 878 | 881 | 881 | 1168 | 880 | 952 |
| 2020 | 887 | 892 | 892 | 1183 | 890 | 963 |
| 2021 | 895 | 902 | 902 | 1197 | 900 | 974 |
| 2022 | 904 | 913 | 913 | 1211 | 910 | 985 |
| 2023 | 912 | 924 | 924 | 1226 | 920 | 996 |
| 2024 | 921 | 935 | 935 | 1241 | 930 | 1008 |
| 2025 | 929 | 946 | 946 | 1256 | 940 | 1019 |
| 2026 | 938 | 957 | 957 | 1271 | 950 | 1031 |
| 2027 | 946 | 968 | 968 | 1287 | 961 | 1042 |
| 2028 | 955 | 979 | 980 | 1303 | 971 | 1054 |
| 2029 | 963 | 991 | 991 | 1319 | 982 | 1066 |
| 2030 | 972 | 1003 | 1003 | 1335 | 992 | 1078 |
| 2031 | 980 | 1015 | 1015 | 1351 | 1003 | 1090 |
| 2032 | 989 | 1026 | 1027 | 1368 | 1014 | 1103 |
| 2033 | 997 | 1039 | 1039 | 1385 | 1025 | 1115 |
| 2034 | 1006 | 1051 | 1051 | 1402 | 1036 | 1128 |
| 2035 | 1014 | 1063 | 1064 | 1420 | 1047 | 1140 |
| 2036 | 1023 | 1076 | 1076 | 1438 | 1058 | 1153 |
| 2037 | 1031 | 1088 | 1089 | 1456 | 1070 | 1166 |

El mejor criterio para seleccionar a la población es promediando las proyecciones más cercanas y eliminando las proyecciones que se alejan mucho. Podemos apreciar en la siguiente grafica el promedio 1.

Figura 5.2 “Población proyectada de Culqui – Resumen”



Fuente: “Elaboración Propia”

5.1.4. Dotación

La dotación utilizada para el proyecto es de 150 lt/háb/día, la misma que fue tomada del Reglamento Nacional de Edificaciones de la Norma OS. 100 “Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria”. Según la norma para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m² las dotaciones serán de 150 lt/háb/día en clima templado y cálido. Ver Anexo IV. 2

Tabla 5. 15 “Dotación promedio diaria anual por habitante”

| Ítem | Criterio | Clima Templado | Clima Frio | Clima Cálido |
|------|---|----------------|------------|--------------|
| 1 | Sistema con conexiones | 220 | 180 | 220 |
| 2 | Lotes de área menor o igual a 90 m ² | 150 | 120 | 150 |
| 3 | Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas públicas | 30 - 50 | 30 - 50 | 30 - 50 |

5.1.5. Variaciones de Consumo

Para centros poblados rurales, no contamos con la información de la variación de los consumos de la población. Para tal efecto se seguirá las recomendaciones de la norma OS 100 para obtener la máxima demanda diaria y la máxima demanda horaria. La norma OS 100 nos recomienda que los coeficientes de las variaciones de consumo, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobado de lo contrario se deberán considerar los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria : 1.8 a 2.5

Por lo tanto los coeficientes seleccionados son: máximo anual de la demanda diaria: 1.3 y máximo anual de la demanda horaria: 2.0.

5.1.6. Caudales de diseño

Con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de agua potable, es necesario calcular el caudal apropiado para los diferentes centros poblados.

➤ Caudal medio diario

Culqui

$$Q_{promedio} = 2.72 \text{ lt/s}$$

Culqui Alto

$$Q_{promedio} = 0.58 \text{ lt/s}$$

➤ Caudal máximo diario

Culqui

$$Q_{maxd} = 3.54 \text{ lt/s}$$

Culqui Alto

$$Q_{maxd} = 0.75 \text{ lt/s}$$

➤ Caudal máximo horario

Culqui

$$Q_{maxh} = 5.45 \text{ lt/s}$$

Culqui Alto

$$Q_{maxh} = 1.15 \text{ lt/s}$$

5.2. Diseño de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

5.2.1. Captación tipo manantial de ladera

La captación deberá cumplir con los siguientes parámetros establecidos en la Norma OS. 010 “Captación y conducción de agua para consumo humano” y en la Norma “Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento rural” que son las siguientes:

- ❖ La estructura de captación se construirá de material impermeable y se diseñara para obtener el máximo rendimiento.
- ❖ Deberá tener canales de drenaje en la parte superior y alrededor de la captación para evitar la contaminación por las aguas superficiales, así como cerco perimétrico.
- ❖ Se diseñara con las válvulas y accesorios, tuberías de limpieza, rebose y tapa sanitaria de inspección con todas las protecciones sanitarias correspondientes.
- ❖ La tubería de salida de agua de la captación contara con su correspondiente canastilla o elemento protector que impida el paso de sólidos.

Las captaciones masas y potrancas se encuentran en buen estado por lo tanto solo necesita de obras de mantenimiento y protección. Por lo tanto se elaborara igualmente la comprobación del buen funcionamiento hidráulico de las captaciones.

5.2.1.1. Captación Masas

➤ **Caudal de afloramiento:** $Q = 0.35 \text{ lps}$

Comprobación:

Tabla 5. 16 “Aforamiento de la Captación Masas – Método volumétrico”

| N° de Medición | Volumen (lt) | Tiempo (s) | Caudal (l/s) |
|----------------|--------------|------------|--------------|
| MCM – 1 | 4 | 11.4 | 0.351 |
| MCM – 2 | 4 | 11.2 | 0.357 |
| MCM – 3 | 4 | 11.6 | 0.345 |
| MCM – 4 | 4 | 11.5 | 0.348 |
| MCM – 5 | 4 | 11.3 | 0.354 |

➤ **Distancia entre el punto de afloramiento y la cám. húmeda:** 1.30 m

Comprobación:

1. Velocidad

$$V_{\text{asumida}} = 0.50 \text{ m/s}$$

2. Altura de carga

$$H_{\text{asumida}} = 0.40 \text{ m}$$

3. Carga necesaria

$$h_0 = 0.02 \text{ m}$$

4. Perdida de carga

$$H_f = 0.38 \text{ m}$$

5. Longitud entre el afloramiento y la cámara

$$L = H_f / 0.30 = 0.38 / 0.30 = 1.27 \text{ m}$$

➤ **Ancho de la pantalla de Cámara húmeda:** 1.20 m

➤ **Numero de orificios:** 3 Ø 1"

Comprobación:

1. *Cálculo del área de entrada de la tubería de entrada:*

$$A = Q_{\text{máx}} / C_d * V = 0.00087 \text{ m}^2$$

2. *Diámetro del orificio:*

$$D = (4A/\pi)^{1/2} = 3.33 \text{ cm}$$

3. *Diámetro asumido:*

$$D_{\text{asumido}} = 2.54 \text{ cm}$$

4. *Numero de orificios:*

$$N_A = (D_{\text{orificio}} / D_{\text{asumido}})^2 + 1 = 3$$

5. *Ancho de la pantalla:*

$$A_p = 2(6D) + N_A D + 3D (N_A - 1) = 53.34 \text{ cm}$$

➤ **Altura de la Cámara húmeda:** 1.20 m

Comprobación:

$$H = A + B + H + D + E$$

Donde:

A: se considera mínimo 10 cm

B: se considera mitad del diámetro de la canastilla

H: Altura del agua

D: desnivel mínimo de ingreso y nivel de agua mínima

E: Borde libre

$$H = 10 + 0.05 + 0.30 + 0.03 + 0.30 = 0.78 \text{ m}$$

5.2.1.2. Captación Potrancas

➤ **Caudal de diseño:** $Q = 0.45$ lps

Comprobación:

Tabla 5. 17 “Aforamiento de la Captación Potrancas – Método volumétrico”

| N° de Medición | Volumen (lt) | Tiempo (s) | Caudal (l/s) |
|----------------|--------------|------------|--------------|
| MCM – 1 | 4 | 8.8 | 0.455 |
| MCM – 2 | 4 | 8.9 | 0.449 |
| MCM – 3 | 4 | 8.6 | 0.465 |
| MCM – 4 | 4 | 8.8 | 0.454 |
| MCM – 5 | 4 | 8.7 | 0.459 |

➤ **Distancia entre el punto de afloramiento y la cám. húmeda:** 1.20 m

Comprobación:

1. Velocidad

$$V_{\text{asumida}} = 0.50 \text{ m/s}$$

2. Altura de carga

$$H_{\text{asumida}} = 0.40 \text{ m}$$

3. Carga necesaria

$$h_0 = 0.02 \text{ m}$$

4. Perdida de carga

$$H_f = 0.38 \text{ m}$$

5. Longitud entre el afloramiento y la cámara

$$L = H_f / 0.30 = 0.38 / 0.30 = 1.27 \text{ m}$$

➤ **Ancho de la pantalla de Cámara húmeda:** 1.20 m

➤ **Numero de orificios:** 3 Ø 1"

Comprobación:

1. *Cálculo del área de entrada de la tubería de entrada:*

$$A = Q_{\text{máx}} / C_d * V = 0.00087 \text{ m}^2$$

2. *Diámetro del orificio:*

$$D = (4A/\pi)^{1/2} = 3.33 \text{ cm}$$

3. *Diámetro asumido:*

$$D_{\text{asumido}} = 2.54 \text{ cm}$$

4. *Numero de orificios:*

$$N_A = (D_{\text{orificio}} / D_{\text{asumido}})^2 + 1 = 3$$

5. *Ancho de la pantalla:*

$$A_p = 2(6D) + N_A D + 3D (N_A - 1) = 53.34 \text{ cm}$$

➤ **Altura de la Cámara húmeda:** 1.20 m

$$H = A + B + H + D + E$$

Donde:

A: se considera mínimo 10 cm

B: se considera mitad del diámetro de la canastilla

H: Altura del agua

D: desnivel mínimo de ingreso y nivel de agua mínima

E: Borde libre

$$H = 10 + 0.05 + 0.30 + 0.03 + 0.30 = 0.78 \text{ m}$$

5.2.2. *Diseño de la nueva línea de conducción*

Para el diseño de la nueva línea de conducción se tomaron en cuenta los distintos parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones (RNE) en la norma actual vigente OS. 010 “Captación y conducción de agua para consumo humano” y la norma “Guía de Opciones Tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en ámbito rural” las cual nos pide cumplir con los siguientes requisitos:

- ❖ Deberá estar libre de acometidas
- ❖ La tubería será para uso de agua para consumo humano.
- ❖ El diámetro mínimo de la línea de conducción y de aducción es de 25 mm (1”)
- ❖ Se evitara pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas e inferiores al 0.50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.
- ❖ La línea de conducción tendrá capacidad para conducir como mínimo el caudal máximo diario Qmd.
- ❖ La velocidad mínima no será de 0.60m/s y la velocidad máxima admisible será de 3 m/s, pudiendo alcanzar los 5m/s si se justifica razonadamente.

En la conducción de agua potable de Culqui Alto de las captaciones hacía el reservorio se tienen 3 líneas de conducción de las cuales 2 líneas de conducción parten de las captaciones Masas y Potrancas hacia la cámara de reunión y la tercera línea de conducción de la cámara de reunión hacía el reservorio. El resultado de los cálculos se presenta a continuación.

5.2.2.1. Línea de Conducción 01: Captación Potrancas – Cámara de reunión

➤ Caudal de diseño

El caudal de diseño utilizado para el cálculo de la línea de conducción, es el caudal que abastece la captación de potrancas la cual es 0.35 lt/s.

➤ Carga hidráulica disponible o diferencia de elevación

La carga disponible corresponde a la diferencia entre el punto de salida y de llegada es decir las cotas entre la captación y la cámara de reunión.

Cota salida: 804.68 m.s.n.m.

Cota de entrada: 700.36 m.s.n.m.

➤ Longitud de la línea de conducción

Según la topografía la distancia en planta que debe recorrer la tubería para ir desde la captación hasta la cámara de reunión es de: 363.10 m

➤ Tipo de material de la tubería a utilizar en la conducción

El material de la tubería utilizada para el cálculo de la conducción es PVC, ya que es un material resistente, liviano, flexible y con bajo costo de instalación.

Para el cálculo hidráulico de la tubería se hará mediante el método de Hazen y Williams usando $C = 150$.

➤ Cálculos de la línea de conducción

1. Pérdida de carga hidráulica disponible

$$H_f = 804.68 - 700.36 = 104.32 \text{ m}$$

2. Pérdida de carga unitaria

$$h_f = \frac{104.32}{363.10} = 0.287 \text{ m/m}$$

3. Diámetro requerido

$$D = \frac{0.00035}{0.2785 \times 150 \times 0.287^{0.54}}^{\frac{1}{2.63}} = 0.015 \text{ m} = 0.60''$$

Se asume un diámetro mínimo de 1.5 plg (DN = 48.00 mm) teniendo en cuenta la “Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural”.

4. Pérdida de Carga unitaria del diámetro seleccionado

$$h_f = \frac{0.00035}{0.2785 \times 150 \times 0.044^{2.63}}^{\frac{1}{0.54}} = 0.0015 \text{ m/m}$$

5. Velocidad del flujo

Velocidad máxima en una tubería según su diámetro:

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times D$$

Donde:

D = diámetro (m)

V_{max} = velocidad máxima (m/s)

Velocidad máxima en la tubería de D = 44.4 mm

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times 0.044 = 0.67 \text{ m/s}$$

Velocidad que presenta la línea de conducción

$$V = 0.355 \times 150 \times 0.044^{0.63} \times 0.002^{0.54} = 0.26 \text{ m/s}$$

Según la norma OS. 010 “Captación y conducción de agua para consumo humano” y la norma “Guía de Opciones Tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en ámbito rural, las velocidades mínimas en las tuberías debería ser de 0.30 m/s. Pero De Azevedo, J, afirma: “Para evitar las sedimentaciones en las tuberías, la velocidad mínima generalmente se fija entre 0.25 y 0.40 m/s, dependiendo de su valor de la calidad del agua”. Por lo tanto evaluando la calidad del agua la velocidad se encuentra entre los límites permisibles.

6. Pérdida de carga en la tubería seleccionada

$$H_f = 0.002 \times 363.10 = 0.56 \text{ m}$$

7. Pérdida de carga por accesorios

$$H_m = 0.006 \text{ m}$$

Por lo tanto el resumen de los cálculos de la línea de conducción 01 son los siguientes:

Tabla 5. 18 “Datos y resultados del diseño de Línea de Conducción 01”

LÍNEA DE CONDUCCIÓN 01

| DATOS | RESULTADOS |
|-------------------|---------------------------|
| Diámetro Exterior | Cota Inicio |
| 48.00 mm | 804.68 msnm |
| Espesor | Cota Final |
| 1.80 mm | 700.36 msnm |
| PVC | Cota piezométrica inicial |
| 150 | 804.68 msnm |
| Excavación | Cota piezométrica final |
| 1.00 m | 804.12 msnm |
| Caudal | Presión final |
| 0.35 l/s | 103.76 m |

Tabla 5. 19 “Resultados del diseño hidráulico por progresivas de la Línea de Conducción 01”

| DESCRIPCION | PROGRESIVA (m) | COTA TERRENO (msnm) | COTA PROYECTO (msnm) | PERDIDAS DE CARGA (m) | PERDIDAS POR ACCESORIO (m) | LÍNEA ESTATICA (m) | LÍNEA DINAMICA (m) | PRESIÓN (m) | VELOCIDAD (m/s) | CARACTERISTICAS DE LA TUBERÍA |
|-------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|----------------------------------|
| ENTRADA | 0+000.00 | 804.68 | 803.68 | 0.0000 | 0.0018 | 804.680 | 804.678 | 1.000 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+020.00 | 796.32 | 795.32 | 0.0307 | | 804.680 | 804.647 | 8.329 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+022.78 | 794.99 | 793.99 | 0.0043 | 0.0002 | 804.680 | 804.643 | 9.653 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+040.00 | 790.86 | 789.86 | 0.0264 | | 804.680 | 804.617 | 13.757 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+060.00 | 785.24 | 784.24 | 0.0307 | | 804.680 | 804.586 | 19.346 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+066.68 | 782.67 | 781.67 | 0.0103 | 0.0002 | 804.680 | 804.575 | 21.905 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+080.00 | 777.87 | 776.87 | 0.0204 | | 804.680 | 804.555 | 26.685 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+097.01 | 770.29 | 769.29 | 0.0261 | 0.0003 | 804.680 | 804.528 | 34.238 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+100.00 | 769.09 | 768.09 | 0.0046 | | 804.680 | 804.524 | 35.434 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+120.00 | 762.03 | 761.03 | 0.0307 | | 804.680 | 804.493 | 42.463 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+140.00 | 754.42 | 753.42 | 0.0307 | | 804.680 | 804.462 | 50.042 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+160.00 | 747.10 | 746.10 | 0.0307 | | 804.680 | 804.432 | 57.332 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+180.00 | 741.18 | 740.18 | 0.0307 | | 804.680 | 804.401 | 63.221 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -10 |
| ACCESORIO | 0+182.75 | 740.42 | 739.42 | 0.0042 | 0.0002 | 804.680 | 804.397 | 63.977 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+200.00 | 736.49 | 735.49 | 0.0265 | | 804.680 | 804.370 | 67.880 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+220.00 | 731.42 | 730.42 | 0.0307 | | 804.680 | 804.339 | 72.919 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+240.00 | 726.58 | 725.58 | 0.0307 | | 804.680 | 804.309 | 77.729 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+260.00 | 720.79 | 719.79 | 0.0307 | | 804.680 | 804.278 | 83.488 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -15 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|--------------------|
| | 0+280.00 | 714.90 | 713.90 | 0.0307 | | 804.680 | 804.247 | 89.347 | 0.226 | PVC 44.4 mm C - 15 |
| | 0+300.00 | 709.09 | 708.09 | 0.0307 | | 804.680 | 804.217 | 95.127 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -15 |
| ACCESORIO | 0+302.25 | 708.59 | 707.59 | 0.0035 | 0.0003 | 804.680 | 804.213 | 95.627 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -15 |
| | 0+320.00 | 705.10 | 704.10 | 0.0273 | | 804.680 | 804.186 | 99.086 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -15 |
| ACCESORIO | 0+333.88 | 702.33 | 701.33 | 0.0213 | 0.0003 | 804.680 | 804.164 | 101.835 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -15 |
| | 0+340.00 | 701.61 | 700.61 | 0.0094 | | 804.680 | 804.155 | 102.545 | 0.226 | PVC 44.4 mm C - 15 |
| | 0+360.00 | 700.49 | 699.49 | 0.0307 | | 804.680 | 804.124 | 103.634 | 0.226 | PVC 44.4 mm C - 15 |
| SALIDA | 0+363.10 | 700.36 | 699.36 | 0.0048 | 0.0026 | 804.680 | 804.116 | 103.756 | 0.226 | PVC 44.4 mm C -15 |

5.2.2.2. Línea de Conducción 02: Captación Masas – Cámara de reunión

➤ Caudal de diseño

El caudal de diseño utilizado para el cálculo de la línea de conducción, es el caudal que aporta la captación de masas la cual es 0.45 lt/s.

➤ Carga hidráulica disponible o diferencia de elevación

La carga disponible corresponde a la diferencia entre el punto de salida y de llegada es decir las cotas entre la captación y la cámara de reunión.

Cota salida: 780.14 m.s.n.m.

Cota de entrada: 700.36 m.s.n.m.

➤ Longitud de la línea de conducción

Según la topografía la distancia en planta que debe recorrer la tubería para ir desde la captación hasta la cámara de reunión es de: 530.71 m

➤ Tipo de material de la tubería a utilizar en la conducción

El material de la tubería utilizada para el cálculo de la conducción es PVC, ya que es un material resistente, liviano, flexible y con bajo costo de instalación.

Para el cálculo hidráulico de la tubería se hará mediante el método de Hazen y Williams usando $C = 150$.

➤ Cálculos de la línea de conducción

1. Pérdida de carga hidráulica disponible

$$H_f = 780.14 - 700.36 = 79.78 \text{ m}$$

2. Pérdida de carga unitaria

$$h_f = \frac{79.78}{530.71} = 0.150 \text{ m/m}$$

3. Diámetro requerido

$$D = \frac{0.00045}{0.2785 \times 150 \times 0.150^{0.54}}^{\frac{1}{2.63}} = 0.019 \text{ m} = 0.75''$$

Se asume un diámetro mínimo de 1.5 plg (DN = 48.00 mm) teniendo en cuenta la “Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural”.

4. Pérdida de Carga unitaria del diámetro seleccionado

$$h_f = \frac{0.00045}{0.2785 \times 150 \times 0.044^{2.63}}^{\frac{1}{0.54}} = 0.0024 \text{ m/m}$$

5. Velocidad del flujo

Velocidad máxima en una tubería según su diámetro:

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times D$$

Donde:

D = diámetro (m)

V_{max} = velocidad máxima (m/s)

Velocidad máxima en la tubería de D = 44.4 mm

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times 0.044 = 0.67 \text{ m/s}$$

Velocidad que presenta la línea de conducción

$$V = 0.355 \times 150 \times 0.044^{0.63} \times 0.002^{0.54} = 0.26 \text{ m/s}$$

6. Pérdida de carga en la tubería seleccionada

$$H_f = 0.002 \times 561.70 = 1.30 \text{ m}$$

7. Pérdida de carga por accesorios

$$H_m = 0.010 \text{ m}$$

Por lo tanto el resumen de los cálculos de la línea de conducción 01 son los siguientes:

Tabla 5. 20 “Datos y resultados del diseño de Línea de Conducción 02”

LÍNEA DE CONDUCCIÓN 02

| DATOS | RESULTADOS |
|-------------------|---------------------------|
| Diámetro Exterior | Cota Inicio |
| 48.00 mm | 780.14 msnm |
| Espesor | Cota Final |
| 1.80 mm | 700.36 msnm |
| PVC | Cota piezométrica inicial |
| 150 | 780.14 msnm |
| Excavación | Cota piezométrica final |
| 1.00 m | 778.83 msnm |
| Caudal | Presión final |
| 0.45 l/s | 78.47 m |

Tabla 5. 21 “Resultados del diseño hidráulico por progresivas de la Línea de Conducción 02”

| DESCRIPCIÓN | PROGRESIVA (m) | COTA TERRENO (msnm) | COTA PROYECTO (msnm) | PERDIDAS DE CARGA (m) | PERDIDAS POR ACCESORIO (m) | LÍNEA ESTÁTICA (m) | LÍNEA DINÁMICA (m) | PRESIÓN (m) | VELOCIDAD (m/s) | CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA |
|-------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|----------------------------------|
| | 0+000.00 | 780.14 | 779.14 | 0.0000 | 0.0030 | 780.140 | 780.137 | 1.000 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+013.35 | 775.73 | 774.73 | 0.0326 | 0.0004 | 780.140 | 780.104 | 4.377 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+020.00 | 774.43 | 773.43 | 0.0163 | | 780.140 | 780.088 | 5.658 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+040.00 | 771.99 | 770.99 | 0.0489 | | 780.140 | 780.039 | 8.049 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+057.35 | 769.95 | 768.95 | 0.0424 | 0.0005 | 780.140 | 779.996 | 10.043 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+060.00 | 769.73 | 768.73 | 0.0065 | | 780.140 | 779.989 | 10.259 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+080.00 | 767.92 | 766.92 | 0.0489 | | 780.140 | 779.940 | 12.020 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+100.00 | 766.15 | 765.15 | 0.0489 | | 780.140 | 779.892 | 13.742 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+109.08 | 765.33 | 764.33 | 0.0222 | 0.0005 | 780.140 | 779.869 | 14.537 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+120.00 | 763.24 | 762.24 | 0.0267 | | 780.140 | 779.842 | 16.602 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+140.00 | 759.42 | 758.42 | 0.0489 | | 780.140 | 779.793 | 20.373 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+141.89 | 759.19 | 758.19 | 0.0046 | 0.0005 | 780.140 | 779.788 | 20.594 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+160.00 | 756.16 | 755.16 | 0.0443 | | 780.140 | 779.744 | 23.584 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+179.12 | 749.64 | 748.64 | 0.0468 | 0.0005 | 780.140 | 779.696 | 30.054 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+180.00 | 749.51 | 748.51 | 0.0022 | | 780.140 | 779.694 | 30.184 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+200.00 | 746.51 | 745.51 | 0.0489 | | 780.140 | 779.645 | 33.135 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+220.00 | 743.39 | 742.39 | 0.0489 | | 780.140 | 779.597 | 36.207 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|--------------------|
| | 0+240.00 | 739.69 | 738.69 | 0.0489 | | 780.140 | 779.548 | 39.858 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+260.00 | 735.50 | 734.50 | 0.0489 | | 780.140 | 779.499 | 43.999 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+280.00 | 731.97 | 730.97 | 0.0489 | | 780.140 | 779.450 | 47.480 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+295.65 | 729.64 | 728.64 | 0.0383 | 0.0005 | 780.140 | 779.411 | 49.774 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+300.00 | 728.89 | 727.89 | 0.0106 | | 780.140 | 779.400 | 50.510 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+320.00 | 725.42 | 724.42 | 0.0489 | | 780.140 | 779.351 | 53.931 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+326.65 | 724.39 | 723.39 | 0.0163 | 0.0005 | 780.140 | 779.335 | 54.948 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+340.00 | 722.50 | 721.50 | 0.0326 | | 780.140 | 779.302 | 56.802 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+360.00 | 719.10 | 718.10 | 0.0489 | | 780.140 | 779.253 | 60.153 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+380.00 | 715.16 | 714.16 | 0.0489 | | 780.140 | 779.204 | 64.044 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -15 |
| | 0+400.00 | 711.85 | 710.85 | 0.0489 | | 780.140 | 779.155 | 67.305 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+420.00 | 709.00 | 708.00 | 0.0489 | | 780.140 | 779.106 | 70.106 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+440.00 | 706.34 | 705.34 | 0.0489 | | 780.140 | 779.058 | 72.718 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+460.00 | 704.08 | 703.08 | 0.0489 | | 780.140 | 779.009 | 74.929 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+480.00 | 702.25 | 701.25 | 0.0489 | | 780.140 | 778.960 | 76.710 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| ACCESORIO | 0+485.42 | 701.76 | 700.76 | 0.0133 | 0.0008 | 780.140 | 778.946 | 77.189 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+500.00 | 701.13 | 700.13 | 0.0356 | | 780.140 | 778.910 | 77.780 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| | 0+520.00 | 700.50 | 699.50 | 0.0489 | | 780.140 | 778.861 | 78.361 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |
| SALIDA | 0+530.71 | 700.35 | 699.35 | 0.0262 | 0.0043 | 780.140 | 778.831 | 78.481 | 0.291 | PVC 44.4 mm C -10 |

5.2.2.3. Línea de Conducción 03: Cámara de reunión – Reservorio

➤ Caudal de diseño

El caudal de diseño utilizado para el cálculo de la línea de conducción, es el caudal que aporta la captación de masas la cual es 0.80 lt/s.

➤ Carga hidráulica disponible o diferencia de elevación

La carga disponible corresponde a la diferencia entre el punto de salida y de llegada es decir las cotas entre la captación y la cámara de reunión.

Cota salida: 700.36 m.s.n.m.

Cota de entrada: 658.45 m.s.n.m.

➤ Longitud de la línea de conducción

Según la topografía la distancia en planta que debe recorrer la tubería para ir desde la captación hasta la cámara de reunión es de: 1160.80 m

➤ Tipo de material de la tubería a utilizar en la conducción

El material de la tubería utilizada para el cálculo de la conducción es PVC, ya que es un material resistente, liviano, flexible y con bajo costo de instalación.

Para el cálculo hidráulico de la tubería se hará mediante el método de Hazen y Williams usando $C = 150$.

➤ Cálculos de la línea de conducción

1. Pérdida de carga hidráulica disponible

$$H_f = 700.36 - 658.45 = 41.91 \text{ m}$$

2. Pérdida de carga unitaria

$$h_f = \frac{41.91}{1160.80} = 0.036 \text{ m/m}$$

3. Diámetro requerido

$$D = \frac{0.00045}{0.2785 \times 150 \times 0.036^{0.54}}^{\frac{1}{2.63}} = 0.031 \text{ m} = 1.25''$$

Se asume un diámetro mínimo de 1.5 plg (DN = 48.00 mm) teniendo en cuenta la “Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural”.

4. Pérdida de Carga unitaria del diámetro seleccionado

$$h_f = \frac{0.00080}{0.2785 \times 150 \times 0.044^{2.63}}^{\frac{1}{0.54}} = 0.0063 \text{ m/m}$$

5. Velocidad del flujo

Velocidad máxima en una tubería según su diámetro:

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times D$$

Donde:

D = diámetro (m)

V_{max} = velocidad máxima (m/s)

Velocidad máxima en la tubería de D = 44.4 mm

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times 0.044 = 0.67 \text{ m/s}$$

Velocidad q ue presenta la línea de conducción

$$V = 0.355 \times 150 \times 0.044^{0.63} \times 0.0063^{0.54} = 0.48 \text{ m/s}$$

6. Pérdida de carga en la tubería seleccionada

$$H_f = 0.0063 \times 1160.80 = 7.31 \text{ m}$$

7. Pérdida de carga por accesorios

$$H_m = 0.028 \text{ m}$$

Por lo tanto el resumen de los cálculos de la línea de conducción 01 son los siguientes:

Tabla 5. 22 “Datos y resultados del diseño de Línea de Conducción 02”

LÍNEA DE CONDUCCIÓN 03

| DATOS | RESULTADOS |
|-------------------|---------------------------|
| Diámetro Exterior | Cota Inicio |
| 48.00 mm | 700.36 msnm |
| Espesor | Cota Final |
| 1.80 mm | 658.45 msnm |
| PVC | Cota piezométrica inicial |
| 150 | 700.36 msnm |
| Excavación | Cota piezométrica final |
| 1.00 m | 693.02 msnm |
| Caudal | Presión final |
| 0.80 l/s | 34.57 m |

Tabla 5. 23 “Resultados del diseño hidráulico por progresivas de la Línea de Conducción 02”

| DESCRIPCIÓN | PROGRESIVA (m) | COTA TERRENO (msnm) | COTA PROYECTO (msnm) | PERDIDAS DE CARGA (m) | PERDIDAS POR ACCESORIO (m) | LÍNEA ESTÁTICA (m) | LÍNEA DINÁMICA (m) | PRESIÓN (m) | VELOCIDAD (m/s) | CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA |
|-------------|----------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|----------------------------------|
| ENTRADA | 0+000.00 | 700.35 | 699.35 | 0.0000 | 0.0084 | 700.350 | 700.342 | 1.000 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+020.00 | 697.79 | 696.79 | 0.1259 | | 700.350 | 700.216 | 2.426 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+040.00 | 695.55 | 694.55 | 0.1259 | | 700.350 | 700.090 | 4.540 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+060.00 | 693.19 | 692.19 | 0.1259 | | 700.350 | 699.964 | 6.774 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+080.00 | 690.53 | 689.53 | 0.1259 | | 700.350 | 699.838 | 9.308 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+100.00 | 687.53 | 686.53 | 0.1259 | | 700.350 | 699.712 | 12.182 | 0.484 | PVC 44.4 mm C - 7.5 |
| | 0+120.00 | 684.44 | 683.44 | 0.1259 | | 700.350 | 699.586 | 15.146 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+140.00 | 681.51 | 680.51 | 0.1259 | | 700.350 | 699.460 | 17.950 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+160.00 | 678.69 | 677.69 | 0.1259 | | 700.350 | 699.334 | 20.644 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+180.00 | 676.05 | 675.05 | 0.1259 | | 700.350 | 699.208 | 23.158 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+200.00 | 673.52 | 672.52 | 0.1259 | | 700.350 | 699.082 | 25.562 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+220.00 | 671.05 | 670.05 | 0.1259 | | 700.350 | 698.956 | 27.906 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+240.00 | 668.82 | 667.82 | 0.1259 | | 700.350 | 698.830 | 30.010 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+260.00 | 666.89 | 665.89 | 0.1259 | | 700.350 | 698.704 | 31.814 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+280.00 | 665.03 | 664.03 | 0.1259 | | 700.350 | 698.579 | 33.549 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+300.00 | 663.81 | 662.81 | 0.1259 | | 700.350 | 698.453 | 34.643 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+320.00 | 662.16 | 661.16 | 0.1259 | | 700.350 | 698.327 | 36.167 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+340.00 | 660.49 | 659.49 | 0.1259 | | 700.350 | 698.201 | 37.711 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+360.00 | 659.11 | 658.11 | 0.1259 | | 700.350 | 698.075 | 38.965 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|--------------------|
| ACCESORIO | 0+364.53 | 658.78 | 657.78 | 0.0285 | 0.0021 | 700.350 | 698.044 | 39.260 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+380.00 | 657.98 | 656.98 | 0.0974 | | 700.350 | 697.947 | 39.967 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+400.00 | 657.88 | 656.88 | 0.1259 | | 700.350 | 697.821 | 39.941 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+420.00 | 658.15 | 657.15 | 0.1259 | | 700.350 | 697.695 | 39.545 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+440.00 | 658.13 | 657.13 | 0.1259 | | 700.350 | 697.569 | 39.439 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+460.00 | 657.21 | 656.21 | 0.1259 | | 700.350 | 697.443 | 40.233 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+480.00 | 657.18 | 656.18 | 0.1259 | | 700.350 | 697.317 | 40.137 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+500.00 | 656.88 | 655.88 | 0.1259 | | 700.350 | 697.191 | 40.311 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+517.48 | 656.63 | 655.63 | 0.1101 | 0.0015 | 700.350 | 697.080 | 40.446 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+520.00 | 656.52 | 655.52 | 0.0159 | | 700.350 | 697.064 | 40.544 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+540.00 | 655.62 | 654.62 | 0.1259 | | 700.350 | 696.938 | 41.318 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+560.00 | 656.35 | 655.35 | 0.1259 | | 700.350 | 696.812 | 40.462 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+580.00 | 657.60 | 656.60 | 0.1259 | | 700.350 | 696.686 | 39.086 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+600.00 | 658.05 | 657.05 | 0.1259 | | 700.350 | 696.560 | 38.510 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+616.33 | 658.25 | 657.25 | 0.1028 | 0.0011 | 700.350 | 696.456 | 38.209 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+620.00 | 658.20 | 657.20 | 0.0231 | | 700.350 | 696.433 | 38.233 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+640.00 | 657.89 | 656.89 | 0.1259 | | 700.350 | 696.307 | 38.417 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+660.00 | 657.21 | 656.21 | 0.1259 | | 700.350 | 696.181 | 38.971 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+663.73 | 657.09 | 656.09 | 0.0235 | 0.0015 | 700.350 | 696.156 | 39.071 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+680.00 | 657.61 | 656.61 | 0.1025 | | 700.350 | 696.054 | 38.444 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+700.00 | 657.83 | 656.83 | 0.1259 | | 700.350 | 695.928 | 38.098 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+720.00 | 658.11 | 657.11 | 0.1259 | | 700.350 | 695.802 | 37.692 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+740.00 | 658.30 | 657.30 | 0.1259 | | 700.350 | 695.676 | 37.376 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+760.00 | 658.21 | 657.21 | 0.1259 | | 700.350 | 695.550 | 37.340 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+771.44 | 658.67 | 657.67 | 0.0720 | 0.0011 | 700.350 | 695.477 | 36.808 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+780.00 | 658.74 | 657.74 | 0.0539 | | 700.350 | 695.423 | 36.683 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+800.00 | 658.83 | 657.83 | 0.1259 | | 700.350 | 695.297 | 36.467 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|--------------------|
| | 0+820.00 | 658.92 | 657.92 | 0.1259 | | 700.350 | 695.171 | 36.251 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+840.00 | 659.02 | 658.02 | 0.1259 | | 700.350 | 695.045 | 36.025 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+860.00 | 659.10 | 658.10 | 0.1259 | | 700.350 | 694.919 | 35.819 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+864.19 | 659.13 | 658.13 | 0.0264 | 0.0011 | 700.350 | 694.892 | 35.766 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+880.00 | 659.10 | 658.10 | 0.0996 | | 700.350 | 694.792 | 35.692 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+900.00 | 659.07 | 658.07 | 0.1259 | | 700.350 | 694.666 | 35.596 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+920.00 | 659.05 | 658.05 | 0.1259 | | 700.350 | 694.540 | 35.490 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+940.00 | 659.02 | 658.02 | 0.1259 | | 700.350 | 694.414 | 35.394 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 0+959.68 | 659.03 | 658.03 | 0.1239 | 0.0011 | 700.350 | 694.289 | 35.261 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+960.00 | 659.03 | 658.03 | 0.0020 | | 700.350 | 694.287 | 35.257 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 0+980.00 | 658.97 | 657.97 | 0.1259 | | 700.350 | 694.161 | 35.191 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+000.00 | 658.74 | 657.74 | 0.1259 | | 700.350 | 694.035 | 35.295 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+020.00 | 658.52 | 657.52 | 0.1259 | | 700.350 | 693.909 | 35.389 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+040.00 | 658.50 | 657.50 | 0.1259 | | 700.350 | 693.784 | 35.284 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 1+044.39 | 658.85 | 657.85 | 0.0276 | 0.0021 | 700.350 | 693.754 | 34.909 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+060.00 | 658.44 | 657.44 | 0.0983 | | 700.350 | 693.655 | 35.215 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| ACCESORIO | 1+068.14 | 658.66 | 657.66 | 0.0513 | 0.0021 | 700.350 | 693.602 | 34.942 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+080.00 | 658.15 | 657.15 | 0.0747 | | 700.350 | 693.527 | 35.377 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+100.00 | 658.17 | 657.17 | 0.1259 | | 700.350 | 693.402 | 35.232 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+120.00 | 658.19 | 657.19 | 0.1259 | | 700.350 | 693.276 | 35.086 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+140.00 | 658.30 | 657.30 | 0.1259 | | 700.350 | 693.150 | 34.850 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| | 1+160.00 | 658.45 | 657.45 | 0.1259 | | 700.350 | 693.024 | 34.574 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |
| SALIDA | 1+160.80 | 658.45 | 657.45 | 0.0050 | 0.0120 | 700.350 | 693.007 | 34.557 | 0.484 | PVC 44.4 mm C -7.5 |

5.2.3. *Diseño hidráulico del reservorio apoyado de almacenamiento y regulación*

Para el cálculo del volumen del reservorio se debe tener en cuenta parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones (RNE) en la norma actual vigente OS. 010 “Captación y conducción de agua para consumo humano” y la norma “Guía de Opciones Tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en ámbito rural” las cual nos pide cumplir con los siguientes requisitos:

- ❖ El volumen de almacenamiento será del 25% de la demanda diaria máxima anual (Q_{md}) siempre y cuando el suministro sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad será como mínimo del 30% Q_{md} .

De este modo el cálculo del volumen es el siguiente:

1. Población de diseño

$$P_f = 252 \text{ habitantes}$$

2. Caudal máximo diario

$$Q_{maxd} = 0.75 \text{ l/s}$$

3. Volumen del reservorio

$$V_r = 0.25 \times Q_{maxd} \times 86400$$

$$V_r = 0.25 \times 0.75 \times 86400 = 16200 \text{ l} = 16.2 \text{ m}^3$$

Siguiendo el análisis tomaremos como volumen del reservorio 18 m^3 . El reservorio será de concreto armado de sección cuadrada y altura de nivel máximo de agua de 3.2 y 1.8 respectivamente.

Según los cálculos hidráulicos realizados, las cotas aproximadas para el reservorio serán las siguientes:

- a) Cota del terreno natural: 658.15 msnm
- b) Cota de fondo del reservorio: 658.45 msnm
- c) Cota de nivel mínimo de agua: 658.30 msnm
- d) Cota del nivel máximo de agua: 659.95 msnm
- e) Cota de llegada de Línea de conducción: 660.25 msnm

Para garantizar la calidad sanitaria del agua a ser distribuida, se ha dispuesto la construcción de una caseta para el alojamiento de un hipoclorador de flujo difuso, el cual estará ubicado en el reservorio y servirá para la desinfección del agua. Se utilizara este sistema por ser relativamente sencillo y de fácil operación y mantenimiento en zonas rurales.

5.2.4. *Diseño de la redes de distribución de agua potable*

El presente proyecto presenta dos redes de distribución de agua potable, las cuales están constituidas por una serie de tuberías, accesorios, válvulas reguladoras de presión, válvulas de control (compuerta), entre otros, las cual nos permite un reparto equitativo del agua a los domicilios.

La red de distribución y su servicio deben cumplir con los requisitos que se detallan a continuación:

Según la norma OS. 050, recomienda:

- El diámetro mínimo en las tuberías principales será de 50 mm, debidamente sustentados.
- La velocidad máxima será de 3 m/s y 5 m/s en casos debidamente justificados.
- La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red y en condiciones de demanda máxima horaria no será de 10 m.

Según la norma “GUÍA DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SANEAMIENTO RURAL”, recomienda:

- El diámetro mínimo de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm y en redes abiertas, se admite un diámetro mínimo de 20 mm.
- La velocidad mínima no podrá ser inferior a 0.30 m/s y la velocidad máxima será de 3 m/s.
- La presión estática no será mayor a 60 m en cualquier punto de la red y en condiciones de máxima demanda horaria la presión mínima debe ser de 5 m.

5.2.4.1. Red de distribución de agua potable – Culqui Alto

Para la red de distribución del centro poblado de Culqui Alto se ha optado por realizar un diseño a gravedad y una red cerrada para poder mantener las presiones equilibradas y poder hacer posteriormente reparaciones y mantenimiento a lo largo de todo el sistema.

La línea de aducción y la red principal se encuentra conformada por 19 nudos que se muestra en la Imagen 5.3 y 22 tramos de tuberías que se muestran en la Imagen 5.4.

Figura 5.3 “Identificación de los nudos en la línea de aducción – red”

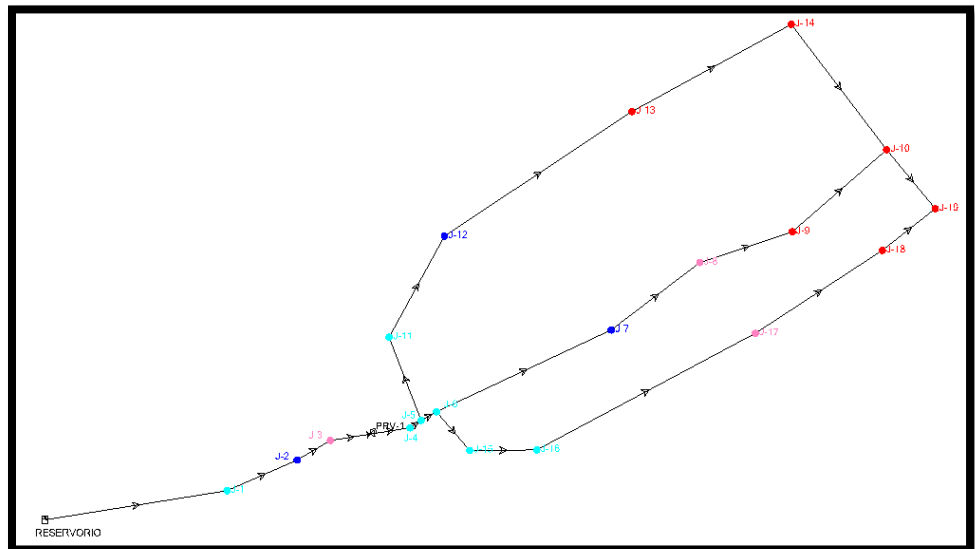
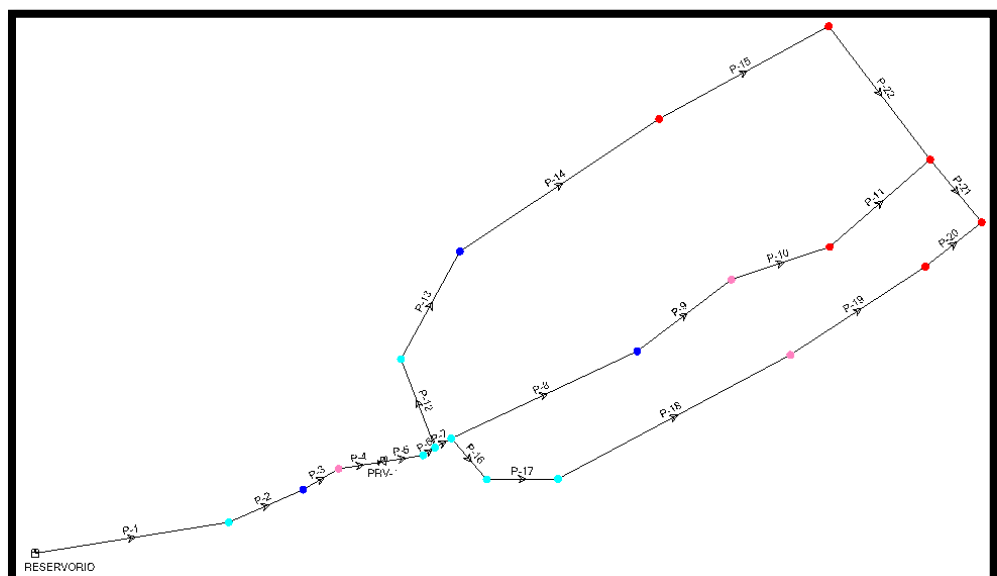


Figura 5.4 “Identificación de las tuberías en la línea de aducción – red”



La línea de aducción tiene una longitud de 200.95m, está conformada por tuberías de 2" y una válvula reguladora de presión de un diámetro de 2", la cual permite que la presión estática desciende a 10 m en la progresiva de la línea. La válvula generará 2 zonas de presión, en donde la válvula reduce la presión aguas abajo y evita la posible rotura de tuberías por sobrepresión.

La red de distribución estará conformada por una red cerrada de diámetro de 2" y 1" y por 3 ramales abiertos de 1", ya que existen un grupo minoritario de viviendas dispersas a las cuales hay que dotar del servicio de agua.

La red de distribución se diseñara por los siguientes métodos: red principal mediante el método de Hardy-Cross y los ramales como una red abierta. La red principal se comprobara usando el Software WaterCAD V8i.

Diseño de la red principal:

a) Trazado de la red

Para el trazo óptimo de la red se utilizó los planos topográficos para ubicar el reservorio de almacenamiento y las tuberías de la línea de aducción de la red principal y de los ramales. Además a partir del plano de topografía se obtuvieron las cotas de las tuberías a través de los perfiles longitudinales.

Las cotas y longitudes de las tuberías de las líneas de aducción son las siguientes:

Tabla 5. 24 “Descripción de las tuberías de la red de agua potable – Culqui Alto”

| Descripción | Tubería | Nudo Inicial | Elev. Inicial | Nudo Final | Elev. Final | Longitud |
|--------------------------------------|----------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Línea de Aducción | P - 1 | T-1 | 656.94 | J-1 | 639.69 | 94.22 |
| | P - 2 | J-3 | 625.23 | PRV-1 | 622.84 | 20.84 |
| | P - 2 | PRV-1 | 622.84 | J-4 | 620.51 | 20.33 |
| | P - 3 | J-1 | 639.69 | J-2 | 629.60 | 39.10 |
| | P - 4 | J-2 | 629.60 | J-3 | 625.23 | 19.71 |
| | P - 6 | J-4 | 620.51 | J-5 | 619.68 | 6.84 |
| Red principal de agua potable | P - 7 | J-5 | 619.68 | J-6 | 618.60 | 9.00 |
| | P - 8 | J-6 | 618.60 | J-7 | 605.17 | 98.60 |
| | P - 9 | J-7 | 605.17 | J-8 | 597.47 | 56.87 |
| | P - 10 | J-8 | 597.47 | J-9 | 591.54 | 49.76 |
| | P - 11 | J-9 | 591.54 | J-10 | 583.65 | 63.92 |
| | P - 12 | J-5 | 619.68 | J-11 | 615.96 | 45.50 |
| | P - 13 | J-11 | 615.96 | J-12 | 608.55 | 58.90 |
| | P - 14 | J-12 | 608.55 | J-13 | 591.42 | 115.04 |
| | P - 15 | J-13 | 591.42 | J-14 | 582.03 | 92.77 |
| | P - 16 | J-6 | 618.60 | J-15 | 618.52 | 26.04 |
| | P - 17 | J-15 | 618.52 | J-16 | 614.53 | 34.23 |
| | P - 18 | J-16 | 614.53 | J-17 | 597.56 | 126.64 |
| | P - 19 | J-17 | 597.56 | J-18 | 588.52 | 77.40 |
| | P - 20 | J-18 | 588.52 | J-19 | 583.64 | 34.50 |
| | P - 21 | J-10 | 583.65 | J-19 | 583.64 | 39.00 |
| | P - 22 | J-10 | 583.65 | J-14 | 582.03 | 80.50 |
| Ramales | P - 23 | J-17 | 597.56 | J-20 | 594.45 | 105.65 |

| | | | | | | |
|--|--------|------|--------|------|--------|--------|
| | P - 24 | J-20 | 594.45 | J-21 | 591.15 | 92.63 |
| | P - 25 | J-18 | 588.52 | J-22 | 587.51 | 58.52 |
| | P - 26 | J-22 | 587.51 | J-23 | 587.09 | 36.23 |
| | P - 27 | J-23 | 587.09 | J-24 | 586.00 | 104.99 |
| | P - 28 | J-19 | 583.64 | J-25 | 575.48 | 177.72 |
| | P - 29 | J-25 | 575.48 | J-26 | 575.11 | 81.58 |

b) Distribución de caudales en la red

Debido a la falta de un estudio de planeación de la población, se supone un crecimiento uniforme de población y una distribución de caudal proporcional a los habitantes que se sirven de la tubería.

Se debe calcular el caudal unitario por habitante:

$$q_u = \frac{Q_{mh}}{población\ futura}$$

$$q_u = \frac{1.15\ l/s}{252\ hab.}$$

$$q_u = 0.00456 \frac{l}{s/hab}$$

Las demandas resultantes en el extremo final de cada tramo se calculan multiplicando el caudal unitario por el número de habitantes según se muestra en la tabla.

Tabla 5. 25 “Demanda por tramos de la red de agua potable – Culqui Alto”

| Tramo | Población futura por tramo | demanda por tramo (l/s) |
|--------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| J5 - J6 | 8 | 0.038 |
| J6 - J7 | 12 | 0.057 |
| J7 - J8 | 12 | 0.057 |
| J8 - J9 | 12 | 0.057 |
| J9 - J10 | 21 | 0.094 |
| J5 - J11 | 4 | 0.019 |
| J11 - J12 | 8 | 0.038 |
| J12 - J13 | 25 | 0.113 |
| J13 - J14 | 12 | 0.057 |
| J6 - J15 | 4 | 0.019 |
| J15 - J16 | 4 | 0.019 |
| J16 - J17 | 45 | 0.207 |
| J17 - J18 | 0 | 0.000 |
| J18 - J19 | 45 | 0.207 |
| J10 - J19 | 21 | 0.094 |
| J10 - J14 | 17 | 0.075 |

Las demandas resultantes en los nudos de acuerdo a la distribución de los caudales en las tuberías se muestran en la tabla.

Tabla 5. 26 “Demanda por nudos de la red de agua potable – Culqui Alto”

| Nudo | demanda por nudo (l/s) |
|-------------|-------------------------------|
| J - 6 | 0.038 |
| J - 7 | 0.057 |
| J - 8 | 0.057 |
| J - 9 | 0.057 |
| J - 10 | 0.094 |
| J - 11 | 0.019 |
| J - 12 | 0.038 |
| J - 13 | 0.113 |
| J - 14 | 0.132 |
| J - 15 | 0.019 |
| J - 16 | 0.019 |
| J - 17 | 0.207 |
| J - 18 | 0.000 |
| J - 19 | 0.302 |

Para definir los caudales circulantes por cada uno de los tramos, es necesario tener en cuenta el balance de masas en cada uno de los nodos y cuando de un nodo salen dos tramos, se debe asumir una proporción de caudales de tal manera que pueda suplir la demanda aguas abajo. Los caudales circulantes en cada una de las tuberías se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. 27 “Caudal circulantes por tramos de la red de agua potable – Culqui Alto”

| Tramo | Caudal (l/s) |
|--------------|---------------------|
| J5 - J6 | 0.92 |
| J6 - J7 | 0.43 |
| J7 - J8 | 0.38 |
| J8 - J9 | 0.32 |
| J9 - J10 | 0.26 |
| J5 - J11 | 0.23 |
| J11 - J12 | 0.21 |
| J12 - J13 | 0.17 |
| J13 - J14 | 0.06 |
| J6 - J15 | 0.45 |
| J15 - J16 | 0.43 |
| J16 - J17 | 0.41 |
| J17 - J18 | 0.21 |
| J18 - J19 | 0.21 |
| J10 - J19 | 0.09 |
| J10 - J14 | 0.08 |

c) Cálculo de la línea de aducción y la red principal por el método de Hardy-Cross

Línea de aducción

➤ Caudal de diseño

El caudal de diseño utilizado para el cálculo de la línea de aducción es el caudal máximo horario es 1.15 lt/s.

➤ Carga hidráulica disponible o diferencia de elevación

Cota salida: 656.94 m.s.n.m.

Cota de entrada: 619.68 m.s.n.m.

➤ Longitud de la línea de conducción

Según la topografía la distancia en planta que debe recorrer la tubería para ir desde el reservorio hasta la red de distribución es de: 200.95 m

➤ Tipo de material de la tubería a utilizar en la conducción

El material de la tubería utilizada para el cálculo de la conducción es PVC, ya que es un material resistente, liviano, flexible y con bajo costo de instalación.

Para el cálculo hidráulico de la tubería se hará mediante el método de Hazen y Williams usando $C = 150$.

➤ Cálculos de la línea de conducción

1. Pérdida de carga hidráulica disponible

$$H_f = 656.94 - 619.68 = 37.26 \text{ m}$$

2. Pérdida de carga unitaria

$$h_f = \frac{37.26}{200.95} = 0.185 \text{ m/m}$$

3. Diámetro requerido

$$D = \frac{0.0015}{0.2785 \times 150 \times 0.185^{0.54}}^{\frac{1}{2.63}} = 0.026 \text{ m} = 1.03''$$

Se asume un diámetro mínimo de 2.0 plg (DN = 60.00 mm) teniendo en cuenta la “Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural”.

4. Pérdida de Carga unitaria del diámetro seleccionado

$$h_f = \frac{0.00115}{0.2785 \times 150 \times 0.058^{2.63}}^{\frac{1}{0.54}} = 0.004 \text{ m/m}$$

5. Velocidad del flujo

Velocidad máxima en una tubería según su diámetro:

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times D$$

Donde:

D = diámetro (m)

V_{max} = velocidad máxima (m/s)

Velocidad máxima en la tubería de D = 44.4 mm

$$V_{max} = 0.60 + 1.5 \times 0.0584 = 0.69 \text{ m/s}$$

Velocidad que presenta la línea de conducción

$$V = 0.355 \times 150 \times 0.058^{0.63} \times 0.004^{0.54} = 0.43 \text{ m/s}$$

6. Pérdida de carga en la tubería seleccionada

$$H_f = 0.004 \times 200.95 = 0.735 \text{ m}$$

7. Pérdida de carga por accesorios

$$H_m = 0.02 \text{ m}$$

8. Presión Final

La línea de aducción tiene una válvula reguladora de presión de un diámetro de 2", la cual permite que la presión estática desciende a 10 m en la progresiva 0+173.87 de la línea de aducción, generando que la presión en la entrada de la red de distribución es de 13.05 m.

Tabla 5. 28 “Datos y resultados del diseño de Línea de aducción”

LÍNEA DE ADUCCIÓN

| DATOS | RESULTADOS |
|-------------------|---------------------------|
| Diámetro Exterior | Cota Inicio |
| 60.00 mm | 804.68 msnm |
| Espesor | Cota Final |
| 2.20 mm | 700.36 msnm |
| PVC | Cota piezométrica inicial |
| 150 | 656.94 msnm |
| Excavación | Cota piezométrica final |
| 1.00 m | 619.68 msnm |
| Caudal | Presión final |
| 1.15 l/s | 13.05 m |

Red de distribución

Las variables de entrada al modelo de Hardy-Cross son el caudal inicial y el diámetro en cada uno de los tramos y después del proceso iterativo se obtienen los caudales finales y presión en cada nodo. Los caudales ya se encuentran establecidos en la tabla 5.29 y los diámetros de la red principal se calculan en la siguiente tabla.

Tabla 5. 29 “Cálculo de diámetros de la red de agua potable – Culqui Alto”

| Tuberías | H (m) | L (m) | hf (m/m) | Q (l/s) | D (mm) | D (pulg) | D (bresler) | D (pulg) | Dasumido (mm) |
|-----------------|------------------|--------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| P - 7 | 1.08 | 9.00 | 0.12 | 0.92 | 26.24 | 1.03 | 36.47 | 1.44 | 46.20 |
| P - 8 | 13.43 | 98.60 | 0.14 | 0.43 | 19.18 | 0.75 | 24.99 | 0.98 | 46.20 |
| P - 9 | 7.70 | 56.87 | 0.14 | 0.38 | 18.21 | 0.72 | 23.30 | 0.92 | 46.20 |
| P - 10 | 5.93 | 49.76 | 0.12 | 0.32 | 17.57 | 0.69 | 21.48 | 0.85 | 46.20 |
| P - 11 | 7.89 | 63.92 | 0.12 | 0.26 | 16.20 | 0.64 | 19.50 | 0.77 | 46.20 |
| P - 12 | 3.72 | 45.50 | 0.08 | 0.23 | 16.63 | 0.65 | 18.05 | 0.71 | 46.20 |
| P - 13 | 7.41 | 58.90 | 0.13 | 0.21 | 14.73 | 0.58 | 17.28 | 0.68 | 46.20 |
| P - 14 | 17.13 | 115.04 | 0.15 | 0.17 | 13.18 | 0.52 | 15.63 | 0.62 | 46.20 |
| P - 15 | 9.39 | 92.77 | 0.10 | 0.06 | 9.40 | 0.37 | 9.02 | 0.36 | 46.20 |
| P - 16 | 0.08 | 26.04 | 0.00 | 0.45 | 42.45 | 1.67 | 25.53 | 1.00 | 46.20 |
| P - 17 | 3.99 | 34.23 | 0.12 | 0.43 | 19.80 | 0.78 | 24.99 | 0.98 | 46.20 |
| P - 18 | 16.97 | 126.64 | 0.13 | 0.41 | 18.92 | 0.74 | 24.44 | 0.96 | 46.20 |
| P - 19 | 9.04 | 77.40 | 0.12 | 0.21 | 14.95 | 0.59 | 17.28 | 0.68 | 28.80 |
| P - 20 | 4.88 | 34.50 | 0.14 | 0.21 | 14.38 | 0.57 | 17.28 | 0.68 | 28.80 |
| P - 21 | 0.01 | 39.00 | 0.00 | 0.09 | 38.94 | 1.53 | 11.65 | 0.46 | 28.80 |
| P - 22 | 1.62 | 80.50 | 0.02 | 0.08 | 14.60 | 0.57 | 10.42 | 0.41 | 28.80 |

Donde:

Columna 1: Descripción de la tubería

Columna 2: Carga hidráulica disponible (H) en m

$$H = cota\ inicial - cota\ final$$

Columna 3: Longitud de la tubería (L) en m

Columna 4: Perdida de carga unitaria (hf) en m/m

$$h_f = \frac{H}{L}$$

Columna 5: Caudal circulante en la tubería (Q) en l/s

Columna 6: Diámetro de la tubería (D) en m según Hazen-Williams

$$D = \frac{Q \, m^3}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}}^{\frac{1}{2.63}}$$

Columna 7: Diámetro de la tubería (D) en pulg

$$D = \frac{D/10}{2.54}$$

Columna 7: Diámetro de la tubería (D) en m según Bresler

$$D = 1.2 \times \sqrt{Q \, m^3}$$

Columna 8: Diámetro de la tubería (D) en pulg

$$D = \frac{D/10}{2.54}$$

Columna 9: Diámetro de la tubería (D) asumido en mm

Por lo tanto la red de distribución queda conformada finalmente con el caudal y diámetro resaltado en la tabla 5.29. Con estos datos se procede a elaborar el proceso iterativo de Cross que se muestran en la tabla.

Tabla 5. 30 “Cálculo de las mallas por el método de Hardy Cross – 1era iteración”

| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | hf (m/m) | H (m) | H/Q | Δ Q | Caudal (l/s) | hf (m/m) | Hf (m) | H/Q | Δ Q |
|------------------------------------|--------|--------------|---------------|--------------|----------|--------|-------|--------|-------------------|----------|--------|--------|--------|
| Condiciones iniciales de iteración | | | | | | | | | Primera iteración | | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | -0.924 | 0.008 | -0.069 | 0.074 | 0.090 | -0.833 | 0.006 | -0.057 | 0.068 | 0.045 |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | -0.434 | 0.002 | -0.185 | 0.428 | 0.051 | -0.383 | 0.001 | -0.147 | 0.385 | 0.024 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | -0.377 | 0.001 | -0.083 | 0.219 | 0.051 | -0.326 | 0.001 | -0.063 | 0.194 | 0.024 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | -0.320 | 0.001 | -0.053 | 0.167 | 0.051 | -0.270 | 0.001 | -0.039 | 0.144 | 0.024 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | -0.264 | 0.001 | -0.048 | 0.182 | 0.051 | -0.213 | 0.001 | -0.032 | 0.151 | 0.024 |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.226 | 0.001 | 0.026 | 0.113 | 0.090 | 0.317 | 0.001 | 0.048 | 0.151 | 0.045 |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.207 | 0.000 | 0.028 | 0.136 | 0.090 | 0.298 | 0.001 | 0.055 | 0.186 | 0.045 |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.170 | 0.000 | 0.038 | 0.224 | 0.090 | 0.260 | 0.001 | 0.084 | 0.323 | 0.045 |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.057 | 0.000 | 0.004 | 0.071 | 0.090 | 0.147 | 0.000 | 0.024 | 0.160 | 0.045 |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | -0.075 | 0.001 | -0.059 | 0.786 | 0.090 | 0.015 | 0.000 | -0.003 | -0.198 | 0.045 |
| | | | | | Σ | -0.401 | 2.401 | | | | Σ | -0.131 | 1.563 |
| Δ Q = 0.090 | | Δ Q = 0.045 | | | | | | | | | | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.434 | 0.002 | 0.185 | 0.428 | -0.051 | 0.383 | 0.001 | 0.147 | 0.385 | -0.024 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.377 | 0.001 | 0.083 | 0.219 | -0.051 | 0.326 | 0.001 | 0.063 | 0.194 | -0.024 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.320 | 0.001 | 0.053 | 0.167 | -0.051 | 0.270 | 0.001 | 0.039 | 0.144 | -0.024 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.264 | 0.001 | 0.048 | 0.182 | -0.051 | 0.213 | 0.001 | 0.032 | 0.151 | -0.024 |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.452 | 0.002 | 0.053 | 0.117 | 0.040 | 0.492 | 0.002 | 0.062 | 0.126 | 0.021 |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | -0.434 | 0.002 | -0.064 | 0.148 | 0.040 | -0.394 | 0.002 | -0.054 | 0.137 | 0.021 |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | -0.415 | 0.002 | -0.219 | 0.529 | 0.040 | -0.375 | 0.001 | -0.182 | 0.486 | 0.021 |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | -0.207 | 0.005 | -0.371 | 1.790 | 0.040 | -0.168 | 0.003 | -0.251 | 1.494 | 0.021 |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | -0.207 | 0.005 | -0.165 | 0.798 | 0.040 | -0.168 | 0.003 | -0.112 | 0.666 | 0.021 |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.094 | 0.001 | 0.043 | 0.461 | 0.040 | 0.134 | 0.002 | 0.083 | 0.621 | 0.021 |
| | | | | | Σ | -0.354 | 4.838 | | | | Σ | -0.172 | 4.403 |
| Δ Q = 0.040 | | Δ Q = 0.021 | | | | | | | | | | | |

Tabla 5. 31 “Cálculo de las mallas por el método de Hardy Cross – 2da – 3era iteración”

| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | hf (m/m) | H (m) | H/Q | Δ Q | Caudal (l/s) | hf (m/m) | Hf (m) | H/Q | Δ Q |
|-------------------|--------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------|-------|--------|--------------|-------------------|--------|-------|--------|
| Segunda Iteración | | | | | | | | | | Tercera iteración | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | -0.788 | 0.006 | -0.051 | 0.065 | -0.006 | -0.794 | 0.006 | -0.052 | 0.065 | 0.003 |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | -0.359 | 0.001 | -0.131 | 0.364 | -0.016 | -0.375 | 0.001 | -0.142 | 0.378 | 0.005 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | -0.302 | 0.001 | -0.055 | 0.181 | -0.016 | -0.318 | 0.001 | -0.060 | 0.190 | 0.005 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | -0.246 | 0.001 | -0.033 | 0.133 | -0.016 | -0.262 | 0.001 | -0.037 | 0.140 | 0.005 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | -0.189 | 0.000 | -0.026 | 0.137 | -0.016 | -0.205 | 0.000 | -0.030 | 0.146 | 0.005 |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.362 | 0.001 | 0.061 | 0.169 | -0.006 | 0.356 | 0.001 | 0.059 | 0.167 | 0.003 |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.343 | 0.001 | 0.072 | 0.209 | -0.006 | 0.337 | 0.001 | 0.069 | 0.206 | 0.003 |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.305 | 0.001 | 0.113 | 0.370 | -0.006 | 0.299 | 0.001 | 0.109 | 0.364 | 0.003 |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.192 | 0.000 | 0.039 | 0.201 | -0.006 | 0.186 | 0.000 | 0.036 | 0.196 | 0.003 |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | 0.060 | 0.000 | 0.039 | 0.649 | -0.006 | 0.054 | 0.000 | 0.032 | 0.591 | 0.003 |
| | | | | | Σ | 0.029 | 2.479 | | | Σ | -0.015 | 2.443 | |
| | | | | | Δ Q = -0.006 | | | | Δ Q = 0.003 | | | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.359 | 0.001 | 0.131 | 0.364 | 0.016 | 0.375 | 0.001 | 0.142 | 0.395 | -0.005 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.302 | 0.001 | 0.055 | 0.181 | 0.016 | 0.318 | 0.001 | 0.060 | 0.200 | -0.005 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.246 | 0.001 | 0.033 | 0.133 | 0.016 | 0.262 | 0.001 | 0.037 | 0.149 | -0.005 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.189 | 0.000 | 0.026 | 0.137 | 0.016 | 0.205 | 0.000 | 0.030 | 0.159 | -0.005 |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.513 | 0.003 | 0.067 | 0.130 | 0.010 | 0.523 | 0.003 | 0.069 | 0.135 | -0.001 |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | -0.373 | 0.001 | -0.049 | 0.131 | 0.010 | -0.363 | 0.001 | -0.046 | 0.124 | -0.001 |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | -0.354 | 0.001 | -0.164 | 0.462 | 0.010 | -0.344 | 0.001 | -0.155 | 0.439 | -0.001 |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | -0.147 | 0.003 | -0.195 | 1.333 | 0.010 | -0.137 | 0.002 | -0.172 | 1.173 | -0.001 |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | -0.147 | 0.003 | -0.087 | 0.594 | 0.010 | -0.137 | 0.002 | -0.077 | 0.523 | -0.001 |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.155 | 0.003 | 0.109 | 0.704 | 0.010 | 0.165 | 0.003 | 0.122 | 0.788 | -0.001 |
| | | | | | Σ | -0.075 | 4.168 | | | Σ | 0.009 | 4.085 | |
| | | | | | Δ Q = 0.010 | | | | Δ Q = -0.001 | | | | |

Tabla 5. 32 “Cálculo de las mallas por el método de Hardy Cross – 4ta – 5ta iteración”

| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | hf (m/m) | H (m) | H/Q | Δ Q | Caudal (l/s) | hf (m/m) | Hf (m) | H/Q | Δ Q | |
|------------------|--------|--------------|---------------|--------------|----------|--------|-------|------------------|--------------|----------|--------|--------|-------|--|
| Cuarta iteración | | | | | | | | Quinta iteración | | | | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | -0.791 | 0.006 | -0.052 | 0.065 | 0.000 | -0.792 | 0.006 | -0.052 | 0.065 | 0.000 | |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | -0.370 | 0.001 | -0.138 | 0.374 | -0.001 | -0.371 | 0.001 | -0.139 | 0.375 | 0.000 | |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | -0.314 | 0.001 | -0.059 | 0.187 | -0.001 | -0.315 | 0.001 | -0.059 | 0.188 | 0.000 | |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | -0.257 | 0.001 | -0.036 | 0.138 | -0.001 | -0.258 | 0.001 | -0.036 | 0.139 | 0.000 | |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | -0.200 | 0.000 | -0.029 | 0.144 | -0.001 | -0.202 | 0.000 | -0.029 | 0.144 | 0.000 | |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.359 | 0.001 | 0.060 | 0.168 | 0.000 | 0.358 | 0.001 | 0.060 | 0.168 | 0.000 | |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.340 | 0.001 | 0.071 | 0.208 | 0.000 | 0.340 | 0.001 | 0.070 | 0.207 | 0.000 | |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.302 | 0.001 | 0.111 | 0.367 | 0.000 | 0.302 | 0.001 | 0.111 | 0.367 | 0.000 | |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.189 | 0.000 | 0.038 | 0.199 | 0.000 | 0.189 | 0.000 | 0.037 | 0.198 | 0.000 | |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | 0.057 | 0.000 | 0.036 | 0.622 | 0.000 | 0.057 | 0.000 | 0.035 | 0.618 | 0.000 | |
| | | | | | Σ | 0.002 | 2.471 | | | | Σ | -0.001 | 2.469 | |
| | | | | | Δ Q = | 0.000 | Δ Q = | | | | 0.000 | | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.370 | 0.001 | 0.138 | 0.374 | 0.001 | 0.371 | 0.001 | 0.139 | 0.376 | 0.000 | |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.314 | 0.001 | 0.059 | 0.187 | 0.001 | 0.315 | 0.001 | 0.059 | 0.188 | 0.000 | |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.257 | 0.001 | 0.036 | 0.138 | 0.001 | 0.258 | 0.001 | 0.036 | 0.139 | 0.000 | |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.200 | 0.000 | 0.029 | 0.144 | 0.001 | 0.202 | 0.000 | 0.029 | 0.145 | 0.000 | |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.522 | 0.003 | 0.069 | 0.132 | 0.001 | 0.522 | 0.003 | 0.069 | 0.133 | 0.000 | |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | -0.364 | 0.001 | -0.047 | 0.128 | 0.001 | -0.364 | 0.001 | -0.046 | 0.128 | 0.000 | |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | -0.346 | 0.001 | -0.156 | 0.453 | 0.001 | -0.345 | 0.001 | -0.156 | 0.451 | 0.000 | |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | -0.138 | 0.002 | -0.175 | 1.266 | 0.001 | -0.137 | 0.002 | -0.173 | 1.255 | 0.000 | |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | -0.138 | 0.002 | -0.078 | 0.564 | 0.001 | -0.137 | 0.002 | -0.077 | 0.559 | 0.000 | |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.163 | 0.003 | 0.120 | 0.736 | 0.001 | 0.164 | 0.003 | 0.121 | 0.742 | 0.000 | |
| | | | | | Σ | -0.005 | 4.123 | | | | Σ | 0.001 | 4.116 | |
| | | | | | Δ Q = | 0.001 | Δ Q = | | | | 0.000 | | | |

Tabla 5. 33 “Resultados de las mallas por el método de Hardy Cross”

| Resultados Definitivos | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-------------------------|--------------------|-------|-----------|
| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | Velocidad | Hf | Elevación Final | Cota Piezometrica Final | Presión Resultante | | |
| | | | | | (m/s) | Condición | | | | (m) | Condición |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | 0.791 | 0.47 | OK | 0.052 | 618.600 | 618.55 | 14.15 | OK |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.371 | 0.22 | OK | 0.139 | 605.170 | 605.03 | 27.72 | OK |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.314 | 0.19 | OK | 0.059 | 597.470 | 597.41 | 35.48 | OK |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.258 | 0.15 | OK | 0.036 | 591.540 | 591.50 | 41.45 | OK |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.201 | 0.12 | V. baja | 0.029 | 583.650 | 583.62 | 49.37 | OK |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.359 | 0.21 | OK | 0.060 | 615.960 | 615.90 | 16.80 | OK |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.340 | 0.20 | OK | 0.070 | 608.550 | 608.48 | 24.28 | OK |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.302 | 0.18 | OK | 0.111 | 591.420 | 591.31 | 41.52 | OK |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.189 | 0.11 | V. baja | 0.037 | 582.030 | 581.99 | 50.95 | OK |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | 0.057 | 0.09 | V. baja | 0.035 | 582.030 | 581.99 | 51.01 | OK |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.371 | 0.22 | OK | 0.139 | 605.170 | 605.03 | 27.72 | OK |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.314 | 0.19 | OK | 0.059 | 597.470 | 597.41 | 35.48 | OK |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.258 | 0.15 | OK | 0.036 | 591.540 | 591.50 | 41.45 | OK |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.201 | 0.12 | V. baja | 0.029 | 583.650 | 583.62 | 49.37 | OK |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.522 | 0.31 | OK | 0.069 | 618.520 | 618.45 | 14.30 | OK |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | 0.364 | 0.22 | OK | 0.046 | 614.530 | 614.48 | 18.34 | OK |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | 0.345 | 0.21 | OK | 0.156 | 597.560 | 597.40 | 35.46 | OK |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | 0.138 | 0.21 | OK | 0.173 | 588.520 | 588.35 | 44.68 | OK |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | 0.138 | 0.21 | OK | 0.077 | 583.640 | 583.56 | 49.54 | OK |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.164 | 0.25 | OK | 0.121 | 583.640 | 583.52 | 49.50 | OK |

Una vez aplicado el método de Hardy - Cross a la red cerrada se calcularon todas las correcciones de caudales hasta alcanzar una convergencia en el método. Como podemos apreciar en la tabla 5.32 en la quinta iteración las correcciones de los caudales se hacían despreciables. Siendo así que la quinta iteración la corrección que nos arroja los valores exactos dentro de la red como lo muestra la tabla 5.33.

d) Cálculo de la red principal con WaterCAD Vi8

Para la modelación de la red principal, se procedió a ingresar las características físicas de la red en el software y por lo tanto se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5. 34 “Resultados de los nudos – WaterCAD V8i”

| NUDO | ELEVACIÓN (m) | DEMANDA (L/s) | COTA PIEZOMETRICA (m) | PRESIÓN (m H2O) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| J-1 | 639.69 | 0.00 | 659.51 | 19.78 |
| J-2 | 629.60 | 0.00 | 659.33 | 29.67 |
| J-3 | 625.23 | 0.00 | 659.24 | 33.94 |
| J-4 | 620.51 | 0.00 | 632.77 | 12.23 |
| J-5 | 619.68 | 0.00 | 632.74 | 13.03 |
| J-6 | 618.60 | 0.04 | 632.68 | 14.05 |
| J-7 | 605.17 | 0.06 | 632.50 | 27.28 |
| J-8 | 597.47 | 0.06 | 632.43 | 34.89 |
| J-9 | 591.54 | 0.06 | 632.38 | 40.76 |
| J-10 | 583.65 | 0.09 | 632.34 | 48.60 |
| J-11 | 615.96 | 0.02 | 632.66 | 16.67 |
| J-12 | 608.55 | 0.04 | 632.57 | 23.97 |
| J-13 | 591.42 | 0.11 | 632.43 | 40.93 |

| | | | | |
|------|--------|------|--------|-------|
| J-14 | 582.03 | 0.13 | 632.38 | 50.25 |
| J-15 | 618.52 | 0.02 | 632.63 | 14.08 |
| J-16 | 614.53 | 0.02 | 632.58 | 18.01 |
| J-17 | 597.56 | 0.21 | 632.40 | 34.77 |
| J-18 | 588.52 | 0.00 | 632.28 | 43.67 |
| J-19 | 583.64 | 0.30 | 632.22 | 48.48 |

Tabla 5. 35 “Resultados de las tuberías – WaterCAD V8i”

| TUBERÍA | LONGITUD (m) | NUDO INICIAL | NUDO FINAL | DIAM. (mm) | CAUDAL (L/s) | VELOCIDAD (m/s) | hf (m/m) |
|---------|--------------|--------------|------------|------------|--------------|-----------------|----------|
| P-1 | 94.22 | RESERVORIO | J-1 | 55.6 | 1.15 | 0.47 | 0.005 |
| P-2 | 39.10 | J-1 | J-2 | 55.6 | 1.15 | 0.47 | 0.005 |
| P-3 | 19.71 | J-2 | J-3 | 55.6 | 1.15 | 0.47 | 0.005 |
| P-4 | 20.84 | J-3 | PRV-1 | 55.6 | 1.15 | 0.47 | 0.005 |
| P-5 | 20.33 | PRV-1 | J-4 | 55.6 | 1.15 | 0.47 | 0.005 |
| P-6 | 6.84 | J-4 | J-5 | 55.6 | 1.15 | 0.47 | 0.005 |
| P-7 | 9.00 | J-5 | J-6 | 44.4 | 0.78 | 0.51 | 0.007 |
| P-8 | 98.60 | J-6 | J-7 | 44.4 | 0.38 | 0.24 | 0.002 |
| P-9 | 56.87 | J-7 | J-8 | 44.4 | 0.32 | 0.21 | 0.001 |
| P-10 | 49.76 | J-8 | J-9 | 44.4 | 0.26 | 0.17 | 0.001 |
| P-11 | 63.92 | J-9 | J-10 | 44.4 | 0.21 | 0.13 | 0.001 |
| P-12 | 45.50 | J-5 | J-11 | 44.4 | 0.37 | 0.24 | 0.002 |
| P-13 | 58.90 | J-11 | J-12 | 44.4 | 0.35 | 0.22 | 0.002 |
| P-14 | 115.04 | J-12 | J-13 | 44.4 | 0.31 | 0.2 | 0.001 |
| P-15 | 92.77 | J-13 | J-14 | 44.4 | 0.2 | 0.13 | 0.001 |
| P-16 | 26.04 | J-6 | J-15 | 44.4 | 0.37 | 0.24 | 0.002 |
| P-17 | 34.23 | J-15 | J-16 | 44.4 | 0.35 | 0.23 | 0.002 |
| P-18 | 126.64 | J-16 | J-17 | 44.4 | 0.33 | 0.21 | 0.001 |
| P-19 | 77.40 | J-17 | J-18 | 29.4 | 0.12 | 0.18 | 0.002 |
| P-20 | 34.50 | J-18 | J-19 | 29.4 | 0.12 | 0.18 | 0.002 |
| P-21 | 39.00 | J-10 | J-19 | 29.4 | 0.18 | 0.26 | 0.003 |
| P-22 | 80.50 | J-10 | J-14 | 29.4 | -0.06 | 0.09 | 0.000 |

e) Verificación de resultado de Hardy Cross – WaterCAD V8i

Las presiones y los caudales son semejantes entre los arrojados por Hardy Cross y los de WaterCAD, no existe diferencia significativa entre los valores. Por lo tanto al verificar cada uno de los parámetros de cálculo (caudal, presión, velocidad, etc.) del método de Cross se tienen datos precisos y confiables que nos demuestran el buen funcionamiento del sistema.

5.2.4.2. Red de distribución de agua potable – Culqui

Para la red de distribución del centro poblado de Culqui se ha optado por realizar un diseño a gravedad y se realizará una red abierta o ramificada ya que la población tiene un crecimiento a lo largo de una carretera, lo que dificulta el diseño de una red cerrada.

La línea de aducción y la red principal se encuentra conformada por 69 nudos que se muestra en la Imagen 5.1 y 69 tramos de tuberías que se muestran en la Imagen 5.2.

Figura 5. 5 “Identificación de los nudos en la línea de aducción – red”

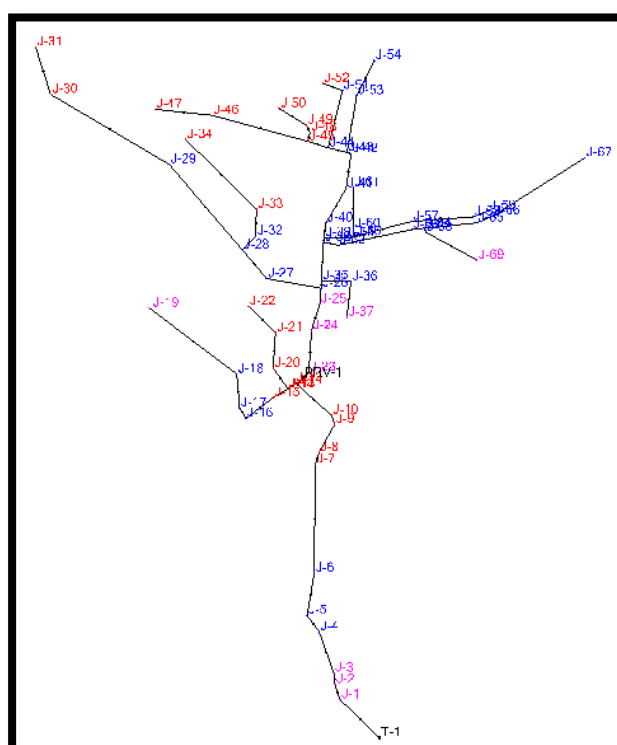
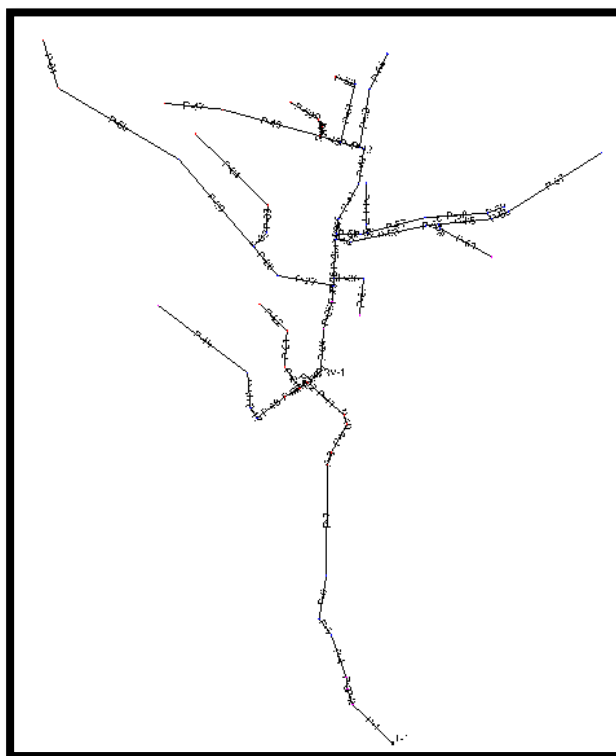


Figura 5. 6 “Identificación de las tubería en la línea de aducción – red”



La línea de aducción tiene una longitud de 658.32m, está conformada por tuberías de PVC de 3”.

La red de distribución estará conformada por una red abierta de diámetros de 3”, 2” y 1” y una válvula reguladora de presión de un diámetro de 3”, la cual permite que la presión estática desciende a 10 m en la línea central de la red. La válvula generará 2 zonas de presión, en donde la válvula reduce la presión aguas abajo y evita la posible rotura de tuberías por sobrepresión.

La red de distribución se diseñara como una red abierta. La red principal se comprobara usando el Software WaterCAD V8i.

Diseño de la red principal:

a) Trazado de la red

Para el trazo óptimo de la red se utilizó los planos topográficos para ubicar el reservorio de almacenamiento y las tuberías de la línea de aducción de la red principal y de los ramales. Además a partir del plano de topografía se obtuvieron las cotas de las tuberías a través de los perfiles longitudinales.

Las cotas y longitudes de las tuberías de las líneas de aducción son las siguientes:

Tabla 5. 36 “Descripción de las tuberías”

| Descripción | Tubería | Nudo Inicial | Elev. Inicial | Nudo Final | Elev. Final | Longitud |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Línea de aducción | P1 | R-1 | 564.68 | J-1 | 549.72 | 90.24 |
| | P2 | J-1 | 549.72 | J-2 | 547.38 | 26.62 |
| | P3 | J-2 | 547.38 | J-3 | 546.24 | 18.74 |
| | P4 | J-3 | 546.24 | J-4 | 541.21 | 72.53 |
| | P5 | J-4 | 541.21 | J-5 | 538.09 | 32.97 |
| | P6 | J-5 | 538.09 | J-6 | 533.29 | 71.19 |
| | P7 | J-6 | 533.29 | J-7 | 522.96 | 179.49 |
| | P8 | J-7 | 522.96 | J-8 | 521.45 | 20.51 |
| | P9 | J-8 | 521.45 | J-9 | 518.51 | 52.92 |
| | P10 | J-9 | 518.51 | J-10 | 518.66 | 15.97 |
| | P11 | J-10 | 518.66 | J-11 | 517.91 | 77.14 |
| Red de distribución | P12 | J-11 | 517.91 | J-12 | 517.79 | 3.07 |
| | P13 | J-12 | 517.79 | J-13 | 518.59 | 15.42 |
| | P14 | J-13 | 518.59 | J-14 | 518.66 | 1.20 |
| | P15 | J-14 | 518.66 | J-15 | 521.65 | 27.19 |
| | P16 | J-15 | 521.65 | J-16 | 529.97 | 56.21 |
| | P17 | J-16 | 529.97 | J-17 | 528.66 | 19.54 |
| | P18 | J-17 | 528.66 | J-18 | 525.30 | 55.89 |
| | P19 | J-18 | 525.30 | J-19 | 544.03 | 181.90 |
| | P20 | J-13 | 544.03 | J-20 | 517.95 | 41.49 |
| | P21 | J-20 | 517.95 | J-21 | 513.35 | 58.54 |
| | P22 | J-21 | 513.35 | J-22 | 508.93 | 62.29 |
| | P23 | J-11 | 508.93 | J-23 | 516.64 | 27.55 |
| | P24 | J-23 | 516.64 | J-24 | 511.41 | 68.89 |
| | P25 | J-24 | 511.41 | J-25 | 507.29 | 45.65 |
| | P26 | J-25 | 507.29 | J-26 | 503.41 | 26.43 |
| | P27 | J-26 | 503.41 | J-27 | 498.24 | 90.99 |
| | P28 | J-27 | 498.24 | J-28 | 492.01 | 62.06 |
| | P29 | J-28 | 492.01 | J-29 | 489.28 | 186.24 |
| | P30 | J-29 | 489.28 | J-30 | 475.36 | 227.91 |
| | P31 | J-30 | 475.36 | J-31 | 467.74 | 82.12 |
| | P32 | J-28 | 467.74 | J-32 | 489.84 | 32.06 |
| | P33 | J-32 | 489.84 | J-33 | 485.38 | 44.09 |
| | P34 | J-33 | 485.38 | J-34 | 477.69 | 164.44 |
| | P35 | J-26 | 477.69 | J-35 | 501.62 | 12.02 |
| | P36 | J-35 | 501.62 | J-36 | 503.66 | 48.76 |
| | P37 | J-36 | 503.66 | J-37 | 512.20 | 58.96 |

| | | | | | | |
|--|-----|------|--------|------|--------|--------|
| | P38 | J-35 | 512.20 | J-38 | 502.33 | 63.41 |
| | P39 | J-38 | 502.33 | J-39 | 502.96 | 7.90 |
| | P40 | J-39 | 502.96 | J-40 | 503.84 | 24.06 |
| | P41 | J-40 | 503.84 | J-41 | 499.42 | 65.57 |
| | P42 | J-41 | 499.42 | J-42 | 494.01 | 58.66 |
| | P43 | J-42 | 494.01 | J-43 | 493.54 | 6.97 |
| | P44 | J-43 | 493.54 | J-44 | 490.86 | 32.00 |
| | P45 | J-44 | 490.86 | J-45 | 486.10 | 35.02 |
| | P46 | J-45 | 486.10 | J-46 | 472.89 | 164.12 |
| | P47 | J-46 | 472.89 | J-47 | 469.99 | 94.65 |
| | P48 | J-47 | 469.99 | J-48 | 485.63 | 15.74 |
| | P49 | J-48 | 485.63 | J-49 | 484.40 | 12.98 |
| | P50 | J-49 | 484.40 | J-50 | 478.06 | 52.41 |
| | P51 | J-44 | 478.06 | J-51 | 490.28 | 97.58 |
| | P52 | J-51 | 490.28 | J-52 | 485.31 | 35.04 |
| | P53 | J-43 | 485.31 | J-53 | 492.27 | 95.12 |
| | P54 | J-53 | 492.27 | J-54 | 486.65 | 65.09 |
| | P55 | J-39 | 486.65 | J-55 | 503.84 | 38.46 |
| | P56 | J-55 | 503.84 | J-56 | 503.84 | 11.49 |
| | P57 | J-56 | 503.84 | J-57 | 503.45 | 97.29 |
| | P58 | J-57 | 503.45 | J-58 | 501.66 | 102.85 |
| | P59 | J-58 | 501.66 | J-59 | 499.97 | 27.11 |
| | P60 | J-56 | 499.97 | J-60 | 503.84 | 12.87 |
| | P61 | J-60 | 503.84 | J-61 | 498.28 | 67.68 |
| | P62 | J-38 | 498.28 | J-62 | 503.77 | 24.86 |
| | P63 | J-62 | 503.77 | J-63 | 502.37 | 124.37 |
| | P64 | J-63 | 502.37 | J-64 | 503.84 | 20.59 |
| | P65 | J-64 | 503.84 | J-65 | 501.61 | 86.67 |
| | P66 | J-65 | 501.61 | J-66 | 500.39 | 29.38 |
| | P67 | J-66 | 500.39 | J-67 | 494.02 | 179.60 |
| | P68 | J-67 | 494.02 | J-68 | 503.65 | 6.25 |
| | P69 | J-68 | 503.65 | J-69 | 505.38 | 97.54 |

b) Distribución de caudales en la red

Debido a la falta de un estudio de planeación de la población, se supone un crecimiento uniforme de población y una distribución de caudal proporcional a los habitantes que se sirven de la tubería.

Se debe calcular el caudal unitario por habitante:

$$q_u = \frac{Q_{mh}}{población\ futura}$$

$$q_u = \frac{5.02\ l/s}{1070hab.}$$

$$q_u = 0.00468 \frac{l}{s/hab}$$

Las demandas resultantes en el extremo final de cada tramo se calculan multiplicando el caudal unitario por el número de habitantes según se muestra en la tabla.

Tabla 5. 37 “Demanda por tuberías”

| Tramo | Población futura por tramo | demanda por tramo (l/s) |
|---------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| J-10 <-> J-11 | 15 | 0.071 |
| J-11 <-> J-12 | 0 | 0.000 |
| J-12 <-> J-13 | 0 | 0.000 |
| J-13 <-> J-14 | 0 | 0.000 |
| J-14 <-> J-15 | 0 | 0.000 |
| J-15 <-> J-16 | 0 | 0.000 |
| J-16 <-> J-17 | 0 | 0.000 |
| J-17 <-> J-18 | 10 | 0.047 |
| J-18 <-> J-19 | 55 | 0.259 |
| J-13 <-> J-20 | 0 | 0.000 |
| J-20 <-> J-21 | 0 | 0.000 |
| J-21 <-> J-22 | 20 | 0.094 |
| J-11 <-> J-23 | 0 | 0.000 |
| J-23 <-> J-24 | 40 | 0.189 |
| J-24 <-> J-25 | 5 | 0.024 |
| J-25 <-> J-26 | 10 | 0.047 |

| | | |
|---------------|----|-------|
| J-26 <=> J-27 | 0 | 0.000 |
| J-27 <=> J-28 | 0 | 0.000 |
| J-28 <=> J-29 | 30 | 0.141 |
| J-29 <=> J-30 | 25 | 0.118 |
| J-30 <=> J-31 | 20 | 0.094 |
| J-28 <=> J-32 | 0 | 0.000 |
| J-32 <=> J-33 | 10 | 0.047 |
| J-33 <=> J-34 | 60 | 0.283 |
| J-26 <=> J-35 | 5 | 0.024 |
| J-35 <=> J-36 | 0 | 0.000 |
| J-36 <=> J-37 | 25 | 0.118 |
| J-35 <=> J-38 | 30 | 0.141 |
| J-38 <=> J-39 | 0 | 0.000 |
| J-39 <=> J-40 | 10 | 0.047 |
| J-40 <=> J-41 | 20 | 0.094 |
| J-41 <=> J-42 | 35 | 0.165 |
| J-42 <=> J-43 | 0 | 0.000 |
| J-43 <=> J-44 | 10 | 0.047 |
| J-44 <=> J-45 | 5 | 0.024 |
| J-45 <=> J-46 | 30 | 0.141 |
| J-46 <=> J-47 | 30 | 0.141 |
| J-47 <=> J-48 | 10 | 0.047 |
| J-48 <=> J-49 | 0 | 0.000 |
| J-49 <=> J-50 | 30 | 0.141 |
| J-44 <=> J-51 | 86 | 0.401 |
| J-51 <=> J-52 | 20 | 0.094 |
| J-43 <=> J-53 | 30 | 0.141 |
| J-53 <=> J-54 | 40 | 0.189 |
| J-39 <=> J-55 | 25 | 0.118 |
| J-55 <=> J-56 | 5 | 0.024 |
| J-56 <=> J-57 | 20 | 0.094 |
| J-57 <=> J-58 | 40 | 0.189 |

| | | |
|---------------|----|-------|
| J-58 <-> J-59 | 10 | 0.047 |
| J-56 <-> J-60 | 0 | 0.000 |
| J-60 <-> J-61 | 30 | 0.141 |
| J-38 <-> J-62 | 15 | 0.071 |
| J-62 <-> J-63 | 45 | 0.212 |
| J-63 <-> J-64 | 10 | 0.047 |
| J-64 <-> J-65 | 25 | 0.118 |
| J-65 <-> J-66 | 10 | 0.047 |
| J-66 <-> J-67 | 60 | 0.283 |
| J-64 <-> J-68 | 0 | 0.000 |
| J-68 <-> J-69 | 55 | 0.259 |

Las demandas resultantes en los nudos de acuerdo a la distribución de los caudales en las tuberías se muestran en la tabla.

Tabla 5. 38 “Demanda por nudos – Red de agua potable - Culqui”

| Nudo | demanda por nudo (l/s) |
|-------------|-------------------------------|
| J-10 | 0.000 |
| J-11 | 0.071 |
| J-12 | 0.000 |
| J-13 | 0.000 |
| J-14 | 0.000 |
| J-15 | 0.000 |
| J-16 | 0.000 |
| J-17 | 0.000 |
| J-18 | 0.000 |
| J-19 | 0.306 |
| J-20 | 0.000 |
| J-21 | 0.000 |

| | |
|------|-------|
| J-22 | 0.094 |
| J-23 | 0.000 |
| J-24 | 0.189 |
| J-25 | 0.024 |
| J-26 | 0.047 |
| J-27 | 0.000 |
| J-28 | 0.000 |
| J-29 | 0.000 |
| J-30 | 0.000 |
| J-31 | 0.354 |
| J-32 | 0.000 |
| J-33 | 0.000 |
| J-34 | 0.330 |
| J-35 | 0.024 |
| J-36 | 0.000 |
| J-37 | 0.118 |
| J-38 | 0.141 |
| J-39 | 0.000 |
| J-40 | 0.047 |
| J-41 | 0.094 |
| J-42 | 0.165 |
| J-43 | 0.000 |
| J-44 | 0.047 |
| J-45 | 0.024 |
| J-46 | 0.000 |
| J-47 | 0.283 |
| J-48 | 0.000 |
| J-49 | 0.000 |
| J-50 | 0.189 |
| J-51 | 0.401 |
| J-52 | 0.094 |
| J-53 | 0.141 |

| | |
|------|-------|
| J-54 | 0.189 |
| J-55 | 0.000 |
| J-56 | 0.141 |
| J-57 | 0.000 |
| J-58 | 0.000 |
| J-59 | 0.330 |
| J-60 | 0.000 |
| J-61 | 0.141 |
| J-62 | 0.071 |
| J-63 | 0.000 |
| J-64 | 0.259 |
| J-65 | 0.000 |
| J-66 | 0.000 |
| J-67 | 0.448 |
| J-68 | 0.000 |

Para definir los caudales circulantes por cada uno de los tramos, es necesario tener en cuenta el balance de masas en cada uno de los nodos y cuando de un nodo salen dos tramos, se debe asumir una proporción de caudales de tal manera que pueda suplir la demanda aguas abajo. Los caudales circulantes en cada una de las tuberías se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. 39 “Caudales por tuberías – Red de agua potable - Culqui”

| Tramo | Caudal (l/s) |
|---------------|---------------------|
| J-10 <-> J-11 | 5.020 |
| J-11 <-> J-12 | 4.949 |
| J-12 <-> J-13 | 0.401 |
| J-13 <-> J-14 | 0.401 |

| | |
|---------------|-------|
| J-14 <-> J-15 | 0.306 |
| J-15 <-> J-16 | 0.306 |
| J-16 <-> J-17 | 0.306 |
| J-17 <-> J-18 | 0.306 |
| J-18 <-> J-19 | 0.259 |
| J-13 <-> J-20 | 0.000 |
| J-20 <-> J-21 | 0.094 |
| J-21 <-> J-22 | 0.094 |
| J-11 <-> J-23 | 0.000 |
| J-23 <-> J-24 | 4.549 |
| J-24 <-> J-25 | 4.360 |
| J-25 <-> J-26 | 4.337 |
| J-26 <-> J-27 | 4.289 |
| J-27 <-> J-28 | 0.683 |
| J-28 <-> J-29 | 0.683 |
| J-29 <-> J-30 | 0.212 |
| J-30 <-> J-31 | 0.094 |
| J-28 <-> J-32 | 0.000 |
| J-32 <-> J-33 | 0.330 |
| J-33 <-> J-34 | 0.283 |
| J-26 <-> J-35 | 0.000 |
| J-35 <-> J-36 | 3.582 |
| J-36 <-> J-37 | 0.118 |
| J-35 <-> J-38 | 0.000 |
| J-38 <-> J-39 | 3.323 |
| J-39 <-> J-40 | 2.286 |
| J-40 <-> J-41 | 1.626 |
| J-41 <-> J-42 | 1.532 |
| J-42 <-> J-43 | 1.367 |
| J-43 <-> J-44 | 1.367 |
| J-44 <-> J-45 | 0.990 |
| J-45 <-> J-46 | 0.471 |

| | |
|---------------|-------|
| J-46 <-> J-47 | 0.141 |
| J-47 <-> J-48 | 0.000 |
| J-48 <-> J-49 | 0.141 |
| J-49 <-> J-50 | 0.141 |
| J-44 <-> J-51 | 0.000 |
| J-51 <-> J-52 | 0.094 |
| J-43 <-> J-53 | 0.000 |
| J-53 <-> J-54 | 0.189 |
| J-39 <-> J-55 | 0.000 |
| J-55 <-> J-56 | 0.495 |
| J-56 <-> J-57 | 0.471 |
| J-57 <-> J-58 | 0.236 |
| J-58 <-> J-59 | 0.047 |
| J-56 <-> J-60 | 0.000 |
| J-60 <-> J-61 | 0.141 |
| J-38 <-> J-62 | 0.000 |
| J-62 <-> J-63 | 0.966 |
| J-63 <-> J-64 | 0.754 |
| J-64 <-> J-65 | 0.707 |
| J-65 <-> J-66 | 0.330 |
| J-66 <-> J-67 | 0.283 |
| J-64 <-> J-68 | 0.000 |
| J-68 <-> J-69 | 0.259 |

c) Cálculo de la red principal por ramales

Los cálculos para la red abierta se presentan a continuación de la siguiente tabla.

Tabla 5. 40 “Calculo hidráulico de la Red de agua potable - Culqui”

| Tramo | Caudal (l/s) | | Longitud (m) | H (m) | hf (m/m) | D (m) | D (mm) | D asumido | hf (m/m) | H (m) | Cota del terreno | | Cota piezométrica | | Presión | | Velocidad | |
|---------|--------------|--------|--------------|--------|----------|-------|--------|-----------|----------|-------|------------------|--------|-------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------|
| | Tramo | Diseño | | | | | | | | | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | (m/s) | condición |
| P1 | 0.000 | 5.020 | 90.24 | 14.96 | 0.166 | 0.047 | 46.74 | 82.1 | 0.011 | 0.96 | 564.68 | 549.72 | 564.68 | 563.72 | 0.00 | 14.00 | 0.95 | OK |
| P2 | 0.000 | 5.020 | 26.62 | 2.34 | 0.088 | 0.053 | 53.24 | 82.1 | 0.011 | 0.28 | 549.72 | 547.38 | 563.72 | 563.43 | 14.00 | 16.05 | 0.95 | OK |
| P3 | 0.000 | 5.020 | 18.74 | 1.14 | 0.061 | 0.057 | 57.42 | 82.1 | 0.011 | 0.20 | 547.38 | 546.24 | 563.43 | 563.23 | 16.05 | 16.99 | 0.95 | OK |
| P4 | 0.000 | 5.020 | 72.53 | 5.03 | 0.069 | 0.056 | 55.90 | 82.1 | 0.011 | 0.77 | 546.24 | 541.21 | 563.23 | 562.46 | 16.99 | 21.25 | 0.95 | OK |
| P5 | 0.000 | 5.020 | 32.97 | 3.12 | 0.095 | 0.052 | 52.44 | 82.1 | 0.011 | 0.35 | 541.21 | 538.09 | 562.11 | 561.76 | 20.90 | 23.67 | 0.95 | OK |
| P6 | 0.000 | 5.020 | 71.19 | 4.80 | 0.067 | 0.056 | 56.22 | 82.1 | 0.011 | 0.76 | 538.09 | 533.29 | 561.76 | 561.00 | 23.67 | 27.71 | 0.95 | OK |
| P7 | 0.000 | 5.020 | 179.49 | 10.33 | 0.058 | 0.058 | 58.08 | 82.1 | 0.011 | 1.91 | 533.29 | 522.96 | 561.00 | 559.08 | 27.71 | 36.12 | 0.95 | OK |
| P8 | 0.000 | 5.020 | 20.51 | 1.51 | 0.074 | 0.055 | 55.21 | 82.1 | 0.011 | 0.22 | 522.96 | 521.45 | 559.08 | 558.87 | 36.12 | 37.42 | 0.95 | OK |
| P9 | 0.000 | 5.020 | 52.92 | 2.94 | 0.056 | 0.059 | 58.50 | 82.1 | 0.011 | 0.56 | 521.45 | 518.51 | 558.87 | 558.30 | 37.42 | 39.79 | 0.95 | OK |
| P10 | 0.000 | 5.020 | 15.97 | -0.15 | -0.009 | 0.084 | 84.27 | 82.1 | 0.011 | 0.17 | 518.51 | 518.66 | 558.30 | 558.13 | 39.79 | 39.47 | 0.95 | OK |
| P11 | 0.071 | 5.020 | 77.14 | 0.75 | 0.010 | 0.084 | 83.67 | 82.1 | 0.011 | 0.82 | 518.66 | 517.91 | 558.13 | 557.31 | 39.47 | 39.40 | 0.95 | OK |
| P12 | 0.000 | 0.401 | 3.07 | 0.12 | 0.039 | 0.024 | 24.05 | 29.4 | 0.015 | 0.05 | 517.91 | 517.79 | 557.31 | 557.26 | 39.40 | 39.47 | 0.59 | OK |
| P13 | 0.000 | 0.401 | 15.42 | -0.80 | -0.052 | 0.023 | 22.69 | 29.4 | 0.015 | 0.23 | 517.79 | 518.59 | 557.26 | 557.04 | 39.47 | 38.45 | 0.59 | OK |
| P14 | 0.000 | 0.306 | 1.20 | -0.07 | -0.058 | 0.020 | 20.00 | 29.4 | 0.009 | 0.01 | 518.59 | 518.66 | 557.04 | 557.03 | 38.45 | 38.37 | 0.45 | OK |
| P15 | 0.000 | 0.306 | 27.19 | -2.99 | -0.110 | 0.018 | 17.56 | 29.4 | 0.009 | 0.24 | 518.66 | 521.65 | 557.03 | 556.78 | 38.37 | 35.13 | 0.45 | OK |
| P16 | 0.000 | 0.306 | 56.21 | -8.32 | -0.148 | 0.017 | 16.52 | 29.4 | 0.009 | 0.50 | 521.65 | 529.97 | 556.78 | 556.28 | 35.13 | 26.31 | 0.45 | OK |
| P17 | 0.000 | 0.306 | 19.54 | 1.31 | 0.067 | 0.019 | 19.44 | 29.4 | 0.009 | 0.17 | 529.97 | 528.66 | 556.28 | 556.11 | 26.31 | 27.45 | 0.45 | OK |
| P18 | 0.000 | 0.306 | 55.89 | 3.36 | 0.060 | 0.020 | 19.88 | 29.4 | 0.009 | 0.50 | 528.66 | 525.3 | 556.11 | 555.61 | 27.45 | 30.31 | 0.45 | OK |
| P19 | 0.306 | 0.306 | 181.90 | -18.73 | -0.103 | 0.018 | 17.80 | 29.4 | 0.009 | 1.63 | 525.3 | 544.03 | 555.61 | 553.98 | 30.31 | 9.95 | 0.45 | OK |
| P20 | 0.000 | 0.094 | 41.49 | 0.64 | 0.015 | 0.017 | 16.79 | 22.9 | 0.003 | 0.14 | 518.59 | 517.95 | 557.04 | 556.90 | 38.45 | 38.95 | 0.23 | OK |
| P21 | 0.000 | 0.094 | 58.54 | 4.60 | 0.079 | 0.012 | 12.02 | 22.9 | 0.003 | 0.20 | 517.95 | 513.35 | 556.90 | 556.70 | 38.95 | 43.35 | 0.23 | OK |
| P22 | 0.094 | 0.094 | 62.29 | 4.42 | 0.071 | 0.012 | 12.27 | 22.9 | 0.003 | 0.21 | 513.35 | 508.93 | 556.70 | 556.48 | 43.35 | 47.55 | 0.23 | OK |
| P23 - 1 | 0.000 | 4.549 | 13.78 | 0.63 | 0.046 | 0.059 | 58.64 | 82.1 | 0.009 | 0.12 | 517.91 | 517.28 | 557.31 | 557.19 | 39.40 | 39.91 | 0.86 | OK |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|----|
| P23 - 2 | 0.000 | 4.549 | 13.78 | 0.64 | 0.046 | 0.058 | 58.45 | 82.1 | 0.009 | 0.12 | 517.28 | 516.64 | 527.28 | 527.16 | 10.00 | 10.52 | 0.86 | OK |
| P24 | 0.189 | 4.549 | 68.89 | 5.23 | 0.076 | 0.053 | 52.85 | 82.1 | 0.009 | 0.61 | 516.64 | 511.41 | 527.16 | 526.55 | 10.52 | 15.14 | 0.86 | OK |
| P25 | 0.024 | 4.360 | 45.65 | 4.12 | 0.090 | 0.050 | 50.19 | 82.1 | 0.008 | 0.37 | 511.41 | 507.29 | 526.55 | 526.17 | 15.14 | 18.88 | 0.82 | OK |
| P26 | 0.047 | 4.337 | 26.43 | 3.88 | 0.147 | 0.045 | 45.33 | 82.1 | 0.008 | 0.21 | 507.29 | 503.41 | 526.17 | 525.96 | 18.88 | 22.55 | 0.82 | OK |
| P27 | 0.000 | 0.683 | 90.99 | 5.17 | 0.057 | 0.027 | 27.28 | 55.6 | 0.002 | 0.16 | 503.41 | 498.24 | 525.96 | 525.79 | 22.55 | 27.55 | 0.28 | OK |
| P28 | 0.000 | 0.683 | 62.06 | 6.23 | 0.100 | 0.024 | 24.27 | 55.6 | 0.002 | 0.11 | 498.24 | 492.01 | 525.79 | 525.68 | 27.55 | 33.67 | 0.28 | OK |
| P29 | 0.000 | 0.354 | 186.24 | 2.73 | 0.015 | 0.028 | 28.04 | 29.4 | 0.012 | 2.17 | 492.01 | 489.28 | 525.68 | 523.52 | 33.67 | 34.24 | 0.52 | OK |
| P30 | 0.000 | 0.354 | 227.91 | 13.92 | 0.061 | 0.021 | 20.92 | 29.4 | 0.012 | 2.65 | 489.28 | 475.36 | 523.52 | 520.86 | 34.24 | 45.50 | 0.52 | OK |
| P31 | 0.354 | 0.354 | 82.12 | 7.62 | 0.093 | 0.019 | 19.20 | 29.4 | 0.012 | 0.96 | 475.36 | 467.74 | 520.86 | 519.90 | 45.50 | 52.16 | 0.52 | OK |
| P32 | 0.000 | 0.330 | 32.06 | 2.17 | 0.068 | 0.020 | 19.95 | 29.4 | 0.010 | 0.33 | 492.01 | 489.84 | 525.68 | 525.36 | 33.67 | 35.52 | 0.49 | OK |
| P33 | 0.000 | 0.330 | 44.09 | 4.46 | 0.101 | 0.018 | 18.37 | 29.4 | 0.010 | 0.45 | 489.84 | 485.38 | 525.36 | 524.90 | 35.52 | 39.52 | 0.49 | OK |
| P34 | 0.330 | 0.330 | 164.44 | 7.69 | 0.047 | 0.022 | 21.53 | 29.4 | 0.010 | 1.69 | 485.38 | 477.69 | 524.90 | 523.22 | 39.52 | 45.53 | 0.49 | OK |
| P35 | 0.024 | 3.606 | 12.02 | 1.79 | 0.149 | 0.042 | 42.13 | 83.4 | 0.005 | 0.06 | 503.41 | 501.62 | 525.96 | 525.89 | 22.55 | 24.27 | 0.66 | OK |
| P36 | 0.000 | 0.118 | 48.76 | -2.04 | -0.042 | 0.015 | 14.89 | 22.9 | 0.005 | 0.25 | 501.62 | 503.66 | 525.89 | 525.64 | 24.27 | 21.98 | 0.29 | OK |
| P37 | 0.118 | 0.118 | 58.96 | -8.54 | -0.145 | 0.012 | 11.54 | 22.9 | 0.005 | 0.30 | 503.66 | 512.2 | 525.64 | 525.34 | 21.98 | 13.14 | 0.29 | OK |
| P38 | 0.141 | 3.465 | 63.41 | -0.71 | -0.011 | 0.071 | 70.59 | 83.4 | 0.005 | 0.32 | 501.62 | 502.33 | 525.89 | 525.58 | 24.27 | 23.25 | 0.63 | OK |
| P39 | 0.000 | 2.286 | 7.90 | -0.63 | -0.080 | 0.040 | 40.28 | 82.1 | 0.002 | 0.02 | 502.33 | 502.96 | 525.58 | 525.56 | 23.25 | 22.60 | 0.43 | OK |
| P40 | 0.047 | 1.673 | 24.06 | -0.88 | -0.037 | 0.042 | 41.98 | 82.1 | 0.001 | 0.03 | 502.96 | 503.84 | 525.56 | 525.52 | 22.60 | 21.68 | 0.32 | OK |
| P41 | 0.094 | 1.626 | 65.57 | 4.42 | 0.067 | 0.037 | 36.63 | 82.1 | 0.001 | 0.09 | 503.84 | 499.42 | 525.52 | 525.44 | 21.68 | 26.02 | 0.31 | OK |
| P42 | 0.165 | 1.532 | 58.66 | 5.41 | 0.092 | 0.034 | 33.57 | 82.1 | 0.001 | 0.07 | 499.42 | 494.01 | 525.44 | 525.37 | 26.02 | 31.36 | 0.29 | OK |
| P43 | 0.000 | 1.367 | 6.97 | 0.47 | 0.067 | 0.034 | 34.28 | 55.6 | 0.006 | 0.04 | 494.01 | 493.54 | 525.37 | 525.32 | 31.36 | 31.78 | 0.56 | OK |
| P44 | 0.047 | 1.037 | 32.00 | 2.68 | 0.084 | 0.030 | 29.52 | 55.6 | 0.004 | 0.12 | 493.54 | 490.86 | 525.32 | 525.20 | 31.78 | 34.34 | 0.43 | OK |
| P45 | 0.024 | 0.495 | 35.02 | 4.76 | 0.136 | 0.020 | 20.17 | 55.6 | 0.001 | 0.03 | 490.86 | 486.1 | 525.20 | 525.17 | 34.34 | 39.07 | 0.20 | OK |
| P46 | 0.000 | 0.283 | 164.12 | 13.21 | 0.080 | 0.018 | 18.16 | 29.4 | 0.008 | 1.26 | 486.1 | 472.89 | 525.17 | 523.90 | 39.07 | 51.01 | 0.42 | OK |
| P47 | 0.283 | 0.283 | 94.65 | 2.90 | 0.031 | 0.022 | 22.14 | 29.4 | 0.008 | 0.73 | 472.89 | 469.99 | 523.90 | 523.17 | 51.01 | 53.18 | 0.42 | OK |
| P48 | 0.000 | 0.189 | 15.74 | 0.47 | 0.030 | 0.019 | 19.08 | 29.4 | 0.004 | 0.06 | 486.1 | 485.63 | 525.17 | 525.11 | 39.07 | 39.48 | 0.28 | OK |
| P49 | 0.000 | 0.189 | 12.98 | 1.23 | 0.095 | 0.015 | 15.05 | 29.4 | 0.004 | 0.05 | 485.63 | 484.4 | 525.11 | 525.06 | 39.48 | 40.66 | 0.28 | OK |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|---------|
| P50 | 0.189 | 0.189 | 52.41 | 6.34 | 0.121 | 0.014 | 14.32 | 29.4 | 0.004 | 0.19 | 484.4 | 478.06 | 525.06 | 524.87 | 40.66 | 46.81 | 0.28 | OK |
| P51 | 0.401 | 0.495 | 97.58 | 0.58 | 0.006 | 0.038 | 38.36 | 29.4 | 0.022 | 2.12 | 490.86 | 490.28 | 525.20 | 523.08 | 34.34 | 32.80 | 0.73 | OK |
| P52 | 0.094 | 0.094 | 35.04 | 4.97 | 0.142 | 0.011 | 10.65 | 29.4 | 0.001 | 0.04 | 490.28 | 485.31 | 523.08 | 523.05 | 32.80 | 37.74 | 0.14 | V. baja |
| P53 | 0.141 | 0.330 | 95.12 | 1.27 | 0.013 | 0.028 | 27.85 | 29.4 | 0.010 | 0.97 | 493.54 | 492.27 | 525.32 | 524.35 | 31.78 | 32.08 | 0.49 | OK |
| P54 | 0.189 | 0.189 | 65.09 | 5.62 | 0.086 | 0.015 | 15.34 | 29.4 | 0.004 | 0.24 | 492.27 | 486.65 | 524.35 | 524.11 | 32.08 | 37.46 | 0.28 | OK |
| P55 | 0.000 | 0.613 | 38.46 | -0.88 | -0.023 | 0.032 | 31.55 | 55.6 | 0.001 | 0.06 | 502.96 | 503.84 | 525.56 | 525.50 | 22.60 | 21.66 | 0.25 | OK |
| P56 | 0.141 | 0.613 | 11.49 | 0.02 | 0.002 | 0.054 | 53.54 | 55.6 | 0.001 | 0.02 | 503.84 | 503.82 | 525.50 | 525.48 | 21.66 | 21.66 | 0.25 | OK |
| P57 | 0.000 | 0.330 | 97.29 | 0.37 | 0.004 | 0.036 | 36.04 | 55.6 | 0.000 | 0.04 | 503.82 | 503.45 | 525.48 | 525.44 | 21.66 | 21.99 | 0.14 | V. baja |
| P58 | 0.000 | 0.330 | 102.85 | 1.79 | 0.017 | 0.026 | 26.37 | 55.6 | 0.000 | 0.05 | 503.45 | 501.66 | 525.44 | 525.39 | 21.99 | 23.73 | 0.14 | V. baja |
| P59 | 0.330 | 0.330 | 27.11 | 1.69 | 0.062 | 0.020 | 20.29 | 55.6 | 0.000 | 0.01 | 501.66 | 499.97 | 525.39 | 525.38 | 23.73 | 25.41 | 0.14 | V. baja |
| P60 | 0.000 | 0.141 | 12.87 | -0.02 | -0.002 | 0.031 | 31.38 | 29.4 | 0.002 | 0.03 | 503.82 | 503.84 | 525.48 | 525.46 | 21.66 | 21.62 | 0.21 | OK |
| P61 | 0.141 | 0.141 | 67.68 | 5.56 | 0.082 | 0.014 | 13.89 | 29.4 | 0.002 | 0.14 | 503.84 | 498.28 | 525.46 | 525.31 | 21.62 | 27.03 | 0.21 | OK |
| P62 | 0.071 | 1.037 | 24.86 | -1.44 | -0.058 | 0.032 | 31.84 | 55.6 | 0.004 | 0.10 | 502.33 | 503.77 | 525.58 | 525.48 | 23.25 | 21.71 | 0.43 | OK |
| P63 | 0.000 | 0.966 | 124.37 | 1.40 | 0.011 | 0.043 | 43.39 | 55.6 | 0.003 | 0.42 | 503.77 | 502.37 | 525.48 | 525.06 | 21.71 | 22.69 | 0.40 | OK |
| P64 | 0.259 | 0.966 | 20.59 | -1.47 | -0.071 | 0.030 | 29.70 | 55.6 | 0.003 | 0.07 | 502.37 | 503.84 | 525.06 | 524.99 | 22.69 | 21.15 | 0.40 | OK |
| P65 | 0.000 | 0.448 | 86.67 | 2.23 | 0.026 | 0.027 | 27.33 | 55.6 | 0.001 | 0.07 | 503.84 | 501.61 | 524.99 | 524.92 | 21.15 | 23.31 | 0.18 | OK |
| P66 | 0.000 | 0.448 | 29.38 | 1.22 | 0.042 | 0.025 | 24.78 | 55.6 | 0.001 | 0.02 | 501.61 | 500.39 | 524.92 | 524.90 | 23.31 | 24.51 | 0.18 | OK |
| P67 | 0.448 | 0.448 | 179.60 | 6.37 | 0.035 | 0.026 | 25.59 | 55.6 | 0.001 | 0.15 | 500.39 | 494.02 | 524.90 | 524.75 | 24.51 | 30.73 | 0.18 | OK |
| P68 | 0.000 | 0.259 | 6.25 | 0.19 | 0.030 | 0.021 | 21.46 | 29.4 | 0.007 | 0.04 | 503.84 | 503.65 | 524.99 | 524.95 | 21.15 | 21.30 | 0.38 | OK |
| P69 | 0.259 | 0.259 | 97.54 | -1.73 | -0.018 | 0.024 | 23.97 | 29.4 | 0.007 | 0.64 | 503.65 | 505.38 | 524.95 | 524.31 | 21.30 | 18.93 | 0.38 | OK |

Donde:

Columna 1: Descripción de la tubería

Columna 2: Carga hidráulica disponible (H) en m

$$H = \text{cota inicial} - \text{cota final}$$

Columna 3: Longitud de la tubería (L) en m

Columna 4: Perdida de carga unitaria (h_f) en m/m

$$h_f = \frac{H}{L}$$

Columna 5: Caudal circulante en la tubería (Q) en l/s

Columna 6: Diámetro de la tubería (D) en m según Hazen-Williams

$$D = \frac{Q \, m^3}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}}^{\frac{1}{2.63}}$$

Columna 7: Diámetro de la tubería (D) en pulg

$$D = \frac{D/10}{2.54}$$

Columna 7: Diámetro de la tubería (D) en m según Bresler

$$D = 1.2 \times \sqrt{Q \, m^3}$$

Columna 8: Diámetro de la tubería (D) en pulg

$$D = \frac{D/10}{2.54}$$

Columna 9: Diámetro de la tubería (D) asumido en mm

d) Cálculo de la red abierta con WaterCAD Vi8

Para la modelación de la red principal, se procedió a ingresar las características físicas de la red en el software y por lo tanto se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5. 41 “Resultados de los nudos – WaterCAD V8i”

| NUDO | ELEVACIÓN (m) | DEMANDA (L/s) | COTA PIEZOMETRICA (m) | PRESIÓN (m H₂O) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| J-1 | 549.72 | 0.00 | 565.72 | 16 |
| J-2 | 547.38 | 0.00 | 565.43 | 18 |
| J-3 | 546.24 | 0.00 | 565.23 | 19 |
| J-4 | 541.21 | 0.00 | 564.46 | 23 |
| J-5 | 538.09 | 0.00 | 564.10 | 26 |
| J-6 | 533.29 | 0.00 | 563.34 | 30 |
| J-7 | 522.96 | 0.00 | 561.43 | 38 |
| J-8 | 521.45 | 0.00 | 561.21 | 40 |
| J-9 | 518.51 | 0.00 | 560.64 | 42 |
| J-10 | 518.66 | 0.00 | 560.47 | 42 |
| J-11 | 517.91 | 0.07 | 559.64 | 42 |
| J-12 | 517.79 | 0.00 | 559.60 | 42 |
| J-13 | 518.59 | 0.00 | 559.37 | 41 |
| J-14 | 518.66 | 0.00 | 559.35 | 41 |
| J-15 | 521.65 | 0.00 | 559.11 | 37 |
| J-16 | 529.97 | 0.00 | 558.61 | 29 |
| J-17 | 528.66 | 0.00 | 558.43 | 30 |
| J-18 | 525.30 | 0.00 | 557.93 | 33 |
| J-19 | 544.03 | 0.31 | 556.31 | 12 |
| J-20 | 517.95 | 0.00 | 559.23 | 41 |
| J-21 | 513.35 | 0.00 | 559.03 | 46 |
| J-22 | 508.93 | 0.09 | 558.82 | 50 |
| J-23 | 516.64 | 0.00 | 527.17 | 11 |
| J-24 | 511.41 | 0.19 | 526.56 | 15 |
| J-25 | 507.29 | 0.02 | 526.18 | 19 |
| J-26 | 503.41 | 0.05 | 525.97 | 23 |
| J-27 | 498.24 | 0.00 | 525.81 | 28 |
| J-28 | 492.01 | 0.00 | 525.70 | 34 |
| J-29 | 489.28 | 0.00 | 523.52 | 34 |

| | | | | |
|------|--------|------|--------|----|
| J-30 | 475.36 | 0.00 | 520.87 | 45 |
| J-31 | 467.74 | 0.35 | 519.91 | 52 |
| J-32 | 489.84 | 0.00 | 525.37 | 35 |
| J-33 | 485.38 | 0.00 | 524.92 | 39 |
| J-34 | 477.69 | 0.33 | 523.23 | 45 |
| J-35 | 501.62 | 0.02 | 525.90 | 24 |
| J-36 | 503.66 | 0.00 | 525.65 | 22 |
| J-37 | 512.20 | 0.12 | 525.35 | 13 |
| J-38 | 502.33 | 0.14 | 525.59 | 23 |
| J-39 | 502.96 | 0.00 | 525.57 | 23 |
| J-40 | 503.84 | 0.05 | 525.53 | 22 |
| J-41 | 499.42 | 0.09 | 525.45 | 26 |
| J-42 | 494.01 | 0.17 | 525.38 | 31 |
| J-43 | 493.54 | 0.00 | 525.33 | 32 |
| J-44 | 490.86 | 0.05 | 525.21 | 34 |
| J-45 | 486.10 | 0.02 | 525.17 | 39 |
| J-46 | 472.89 | 0.00 | 523.91 | 51 |
| J-47 | 469.99 | 0.28 | 523.18 | 53 |
| J-48 | 485.63 | 0.00 | 525.11 | 39 |
| J-49 | 484.40 | 0.00 | 525.07 | 41 |
| J-50 | 478.06 | 0.19 | 524.88 | 47 |
| J-51 | 490.28 | 0.40 | 523.08 | 33 |
| J-52 | 485.31 | 0.09 | 523.05 | 38 |
| J-53 | 492.27 | 0.14 | 524.36 | 32 |
| J-54 | 486.65 | 0.19 | 524.12 | 37 |
| J-55 | 503.84 | 0.00 | 525.51 | 22 |
| J-56 | 503.84 | 0.14 | 525.49 | 22 |
| J-57 | 503.45 | 0.00 | 525.45 | 22 |
| J-58 | 501.66 | 0.00 | 525.40 | 24 |
| J-59 | 499.97 | 0.33 | 525.39 | 25 |
| J-60 | 503.84 | 0.00 | 525.47 | 22 |
| J-61 | 498.28 | 0.14 | 525.32 | 27 |
| J-62 | 503.77 | 0.07 | 525.49 | 22 |
| J-63 | 502.37 | 0.00 | 525.07 | 23 |
| J-64 | 503.84 | 0.26 | 525.00 | 21 |
| J-65 | 501.61 | 0.00 | 524.93 | 23 |
| J-66 | 500.39 | 0.00 | 524.91 | 24 |
| J-67 | 494.02 | 0.45 | 524.76 | 31 |
| J-68 | 503.65 | 0.00 | 524.96 | 21 |
| J-69 | 505.38 | 0.26 | 524.32 | 19 |

Tabla 5. 42 “Resultados de las tuberías – WaterCAD V8i”

| TUBERÍA | LONGITUD (m) | NUDO INICAL | NUDO FINAL | DIAMETRO (mm) | CAUDAL (L/s) | VELOCIDAD (m/s) | hf (m/m) |
|----------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|
| P-1 | 90.26 | T-1 | J-1 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-2 | 26.72 | J-1 | J-2 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-3 | 18.85 | J-2 | J-3 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-4 | 72.61 | J-3 | J-4 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-5 | 33.33 | J-4 | J-5 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-6 | 71.28 | J-5 | J-6 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-7 | 179.50 | J-6 | J-7 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-8 | 20.62 | J-7 | J-8 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-9 | 53.23 | J-8 | J-9 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-10 | 16.07 | J-9 | J-10 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-11 | 77.39 | J-10 | J-11 | 82.10 | 5.02 | 0.95 | 0.01 |
| P-12 | 3.16 | J-11 | J-12 | 29.40 | 0.40 | 0.59 | 0.02 |
| P-13 | 15.54 | J-12 | J-13 | 29.40 | 0.40 | 0.59 | 0.02 |
| P-14 | 1.61 | J-13 | J-14 | 29.40 | 0.31 | 0.45 | 0.01 |
| P-15 | 27.23 | J-14 | J-15 | 29.40 | 0.31 | 0.45 | 0.01 |
| P-16 | 56.20 | J-15 | J-16 | 29.40 | 0.31 | 0.45 | 0.01 |
| P-17 | 19.67 | J-16 | J-17 | 29.40 | 0.31 | 0.45 | 0.01 |
| P-18 | 56.26 | J-17 | J-18 | 29.40 | 0.31 | 0.45 | 0.01 |
| P-19 | 181.72 | J-18 | J-19 | 29.40 | 0.31 | 0.45 | 0.01 |
| P-20 | 41.94 | J-13 | J-20 | 22.90 | 0.09 | 0.23 | 0.00 |
| P-21 | 58.84 | J-20 | J-21 | 22.90 | 0.09 | 0.23 | 0.00 |
| P-22 | 62.32 | J-21 | J-22 | 22.90 | 0.09 | 0.23 | 0.00 |
| P-23-1 | 14.00 | J-11 | PRV-1 | 82.10 | 4.55 | 0.86 | 0.01 |
| P-23-2 | 13.95 | PRV-1 | J-23 | 82.10 | 4.55 | 0.86 | 0.01 |
| P-24 | 69.04 | J-23 | J-24 | 82.10 | 4.55 | 0.86 | 0.01 |
| P-25 | 45.75 | J-24 | J-25 | 82.10 | 4.36 | 0.82 | 0.01 |
| P-26 | 26.49 | J-25 | J-26 | 82.10 | 4.34 | 0.82 | 0.01 |
| P-27 | 91.41 | J-26 | J-27 | 55.60 | 0.68 | 0.28 | 0.00 |
| P-28 | 62.10 | J-27 | J-28 | 55.60 | 0.68 | 0.28 | 0.00 |
| P-29 | 186.10 | J-28 | J-29 | 29.40 | 0.35 | 0.52 | 0.01 |
| P-30 | 227.45 | J-29 | J-30 | 29.40 | 0.35 | 0.52 | 0.01 |
| P-31 | 82.01 | J-30 | J-31 | 29.40 | 0.35 | 0.52 | 0.01 |
| P-32 | 32.15 | J-28 | J-32 | 29.40 | 0.33 | 0.49 | 0.01 |
| P-33 | 44.05 | J-32 | J-33 | 29.40 | 0.33 | 0.49 | 0.01 |
| P-34 | 163.98 | J-33 | J-34 | 29.40 | 0.33 | 0.49 | 0.01 |
| P-35 | 12.31 | J-26 | J-35 | 83.40 | 3.61 | 0.66 | 0.01 |
| P-36 | 48.84 | J-35 | J-36 | 22.90 | 0.12 | 0.29 | 0.01 |
| P-37 | 59.02 | J-36 | J-37 | 22.90 | 0.12 | 0.29 | 0.01 |
| P-38 | 63.56 | J-35 | J-38 | 83.40 | 3.46 | 0.63 | 0.01 |
| P-39 | 8.25 | J-38 | J-39 | 82.10 | 2.29 | 0.43 | 0.00 |

| | | | | | | | |
|------|--------|------|------|-------|------|------|------|
| P-40 | 24.26 | J-39 | J-40 | 82.10 | 1.67 | 0.32 | 0.00 |
| P-41 | 65.49 | J-40 | J-41 | 82.10 | 1.63 | 0.31 | 0.00 |
| P-42 | 58.54 | J-41 | J-42 | 82.10 | 1.53 | 0.29 | 0.00 |
| P-43 | 7.19 | J-42 | J-43 | 55.60 | 1.37 | 0.56 | 0.01 |
| P-44 | 32.13 | J-43 | J-44 | 55.60 | 1.04 | 0.43 | 0.00 |
| P-45 | 35.23 | J-44 | J-45 | 55.60 | 0.50 | 0.20 | 0.00 |
| P-46 | 164.20 | J-45 | J-46 | 29.40 | 0.28 | 0.42 | 0.01 |
| P-47 | 94.74 | J-46 | J-47 | 29.40 | 0.28 | 0.42 | 0.01 |
| P-48 | 15.87 | J-45 | J-48 | 29.40 | 0.19 | 0.28 | 0.00 |
| P-49 | 13.11 | J-48 | J-49 | 29.40 | 0.19 | 0.28 | 0.00 |
| P-50 | 52.35 | J-49 | J-50 | 29.40 | 0.19 | 0.28 | 0.00 |
| P-51 | 97.68 | J-44 | J-51 | 29.40 | 0.50 | 0.73 | 0.02 |
| P-52 | 35.01 | J-51 | J-52 | 29.40 | 0.09 | 0.14 | 0.00 |
| P-53 | 95.15 | J-43 | J-53 | 29.40 | 0.33 | 0.49 | 0.01 |
| P-54 | 64.98 | J-53 | J-54 | 29.40 | 0.19 | 0.28 | 0.00 |
| P-55 | 38.54 | J-39 | J-55 | 55.60 | 0.61 | 0.25 | 0.00 |
| P-56 | 11.77 | J-55 | J-56 | 55.60 | 0.61 | 0.25 | 0.00 |
| P-57 | 97.46 | J-56 | J-57 | 55.60 | 0.33 | 0.14 | 0.00 |
| P-58 | 102.74 | J-57 | J-58 | 55.60 | 0.33 | 0.14 | 0.00 |
| P-59 | 27.33 | J-58 | J-59 | 55.60 | 0.33 | 0.14 | 0.00 |
| P-60 | 13.07 | J-56 | J-60 | 29.40 | 0.14 | 0.21 | 0.00 |
| P-61 | 67.61 | J-60 | J-61 | 29.40 | 0.14 | 0.21 | 0.00 |
| P-62 | 24.99 | J-38 | J-62 | 55.60 | 1.04 | 0.43 | 0.00 |
| P-63 | 124.37 | J-62 | J-63 | 55.60 | 0.97 | 0.40 | 0.00 |
| P-64 | 20.78 | J-63 | J-64 | 55.60 | 0.97 | 0.40 | 0.00 |
| P-65 | 86.85 | J-64 | J-65 | 55.60 | 0.45 | 0.19 | 0.00 |
| P-66 | 29.45 | J-65 | J-66 | 55.60 | 0.45 | 0.19 | 0.00 |
| P-67 | 179.56 | J-66 | J-67 | 55.60 | 0.45 | 0.19 | 0.00 |
| P-68 | 6.67 | J-64 | J-68 | 29.40 | 0.26 | 0.38 | 0.01 |
| P-69 | 97.39 | J-68 | J-69 | 29.40 | 0.26 | 0.38 | 0.01 |

e) Verificación de resultado de red abierta – WaterCAD V8i

Las presiones y los caudales son semejantes entre los arrojados por red abierta y los de WaterCAD, no existe diferencia significativa entre los valores. Por lo tanto al verificar cada uno de los parámetros de cálculo (caudal, presión, velocidad, etc.) del método de red abierta se tienen datos precisos y confiables que nos demuestran el buen funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1. En el presente proyecto de tesis se ha tomado en consideración los criterios y análisis seguidos en el RNE con el fin de validar los diseños definidos de los diferentes componentes del sistema.
2. El diagnóstico para los diversas componentes del sistema, concluyo que:
 - Culqui Alto necesita una obra de protección para sus captaciones tipo manantial.
 - La línea de conducción será diseñada nuevamente debido que ya cumplió su vida útil y se encuentra en malas condiciones.
 - Se evitara el uso de cámaras rompe presión porque se busca un sistema hermético de agua potable.
 - El reservorio de Culqui Alto será cambiado ya que no cumple con los requerimientos de la población.
 - La red de distribución será cambiada para mejorar la eficiencia de la distribución del agua.
 - Culqui, la captación lateral y la línea de conducción, se encuentran en buen estado las cuales fueron construidas en el año 2012, y capta y distribuye el caudal suficiente para la población de Culqui.
 - La PTAP - Reservorio, se encuentra en buen estado y dota de suficiente caudal para la población de Culqui

- La red de distribución se encuentra en mal estado, es por ello que será cambiada para mejorar la eficiencia de la distribución del agua.
3. Según el análisis de calidad física, química y bacteriológica del agua se concluye que el agua de las captaciones masas y potrancas cumple con los parámetros establecidos por el MINSA y solo necesita un proceso de desinfección para ser potabilizada, mientras que el agua del canal Quiroz necesita un tratamiento convencional a través de un PTAP.
 4. Los parámetros establecidos en el diseño en las diversas estructuras y líneas de conducción, aducción y distribución las cuales se indican en la presente tesis, son definitivos y se deberán respetar dichos valores a fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema
 5. El diseño de las obras de arte y de las líneas de conducción y distribución de agua potable se realizaron teniendo en cuenta las normas de Obras se Saneamiento del RNE y los cálculos se realizaron mediante hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel. Los cuales fueron comprobados y ajustados en el software WaterCAD.

6.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las instituciones enfocadas al tema de saneamiento elaborar manuales de operatividad y funcionamiento; y capacitación a la población.
2. Se recomienda mayores estudios y evaluaciones de sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales con el fin de obtener otros parámetros (variaciones de consumo) y particularidades técnicas, que permitan diseños mas realistas.
3. Se necesita la elaboración de un plan de manejo ambiental que generara las medidas necesarias para prevenir, minimizar, corregir y compensar los impactos y efectos ambientales positivos y negativos que pueden ser ocasionados debido a las etapas de construcción y operación del proyecto.
4. La aplicación de un software permite minimizar tiempos en el análisis de proyectos, así como disminuye la probabilidad de cometer algún tipo de error como en el caso de realizar un cálculo manual.

BIBLIOGRAFIA

Carlos Barrios Napuri, R. T. (2009). *Guia de Orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades*. SER.

Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*. Colombia: Editorial escuela colombiana de ingeniería.

Fernandez, P. C. (2011). *Diseño Hidrológico*.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). *OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano*. Lima.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). *OS.030 Almacenamiento de agua para consumo humano*. Lima.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). *OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima.

Ministerio de Vivivenda, C. y. (2006). *OS. 100 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA*. LIMA.

Pittman, R. A. (1993). *Agua Potable Para Poblaciones Rurales*. Lima: Ser.

Salud, M. d. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para*. Lima.

Saneamiento, M. d. (2006). *OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano*. Lima.

ANEXOS

ANEXO I

POBLACIÓN BENEFICIARIA

**CENTRO POBLADO DE
CULQUI ALTO**

| PADRÓN DE BENEFICIARIOS | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-------------|----------|---------------|----------------|--------------|----------|------------------------|
| CULQUI ALTO - PAIMAS - AYABACA - PIURA | | | | | | | | |
| CÓDIGOS | APELLIDOS Y NOMBRES | DOMICILIO | DISTRITO | OCUPACIÓN | G. INSTRUCCIÓN | ESTADO CIVIL | DNI | CANTIDAD DE FAMILIARES |
| 001CA | García Romero, Rosa Elvira | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 80586998 | 4 |
| 002CA | Veliz Domero, Sebastian | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 46970394 | 3 |
| 003CA | Salcedo Rivera, Santos Rafael | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 02735747 | 3 |
| 004CA | Pintado Cordova, Fermin | Culqui Alto | Paimas | Profesor | Superior | Soltero | 03103238 | 4 |
| 005CA | Cunya Malacatos, Epifanio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03085629 | 5 |
| 006CA | Chuquihuanga Giron, Eufracio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03651539 | 5 |
| 007CA | Chuquihuanga Vicente, Virgilio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | - | Conviviente | 03087465 | 4 |
| 008CA | Chuquihuanga Giron, Braulio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03101345 | 5 |
| 010CA | Suarez Yanhua, Elix | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 48692611 | 3 |
| 011CA | Rivera Jimenez, Segundo Antenor | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 42745366 | 5 |
| 012CA | Suarez Yanhua, Pedro Pablo | Culqui Alto | Paimas | Discapacitado | Primaria | Casado | 48757318 | 2 |
| 013CA | Moreno Cordova, Arturo | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03113584 | 4 |
| 014CA | Andres Suarez Yanhua | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 80450296 | 5 |
| 015CA | Yanayaco Parrila, Domingo | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 40289073 | 4 |
| 016CA | Moreno Añazco, Cesar Alier | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 47012479 | 3 |
| 017CA | Jimenez Valencia, Maria | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Viudo | 03091545 | 4 |
| 018CA | Tamayo Abad, Samuel | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 48703064 | 3 |
| 019CA | Tamayo Yanayaco, Carmelo | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03122716 | 4 |
| 020CA | Abad Aguilar, Mari Meri | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 41286799 | 5 |
| 021CA | García Mondragon, Aristidides | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 80615951 | 4 |
| 022CA | Ugarte Marcas, Meylin Massiel | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Casado | 47081650 | 4 |
| 023CA | Talledo Marchena, Asdrubal | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 48884165 | 3 |
| 024CA | Tamayo Abad, William | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 48424949 | 3 |
| 025CA | Talledo Marchena, Asdrubal | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 48884165 | 3 |
| 026CA | Marchena Cordova, Franklin | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03128295 | 4 |
| 027CA | Chuquihuanga Chinchay, Joaquin | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Analfabeto | Viudo | 03117874 | 3 |
| 028CA | Cortez Abad, Juan Carlos | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 44533169 | 3 |
| 029CA | Cortez Carrasco, Francisco | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03117998 | 3 |
| 030CA | Marchan García, Octavio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03087425 | 2 |
| 031CA | García Romero, Rosa Elvira | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 80586998 | 4 |
| 032CA | Castillo García, Jose Dilmer | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 45877513 | 4 |
| 033CA | Pintado Pardo, Donato | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03100937 | 2 |
| 034CA | Chuquihuanga Rivera, Geison Rigoberto | Culqui Alto | Paimas | Estudiante | Secundaria | Soltero | 73665545 | 3 |
| 035CA | Eugenio Jimenez | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | | 3 |
| 036CA | Portocarrero Cordova, Elar | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 45176401 | 4 |
| 037CA | Pintado Castillo, Edwin Yonatan | Culqui Alto | Paimas | Estudiante | Secundaria | Soltero | | 3 |
| 038CA | Chuquihuanga Rivera, Dilver Roger | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 47343245 | 3 |
| 039CA | Veliz Valencia, Justo Fermin | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03090549 | 3 |
| 040CA | Aguilera Jimenez, Magno | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 43966737 | 4 |
| 041CA | Huaman Marchena, Irma Yolanda | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03100283 | 3 |
| 042CA | Huaman Marchena, Abraham | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03102563 | 3 |
| 043CA | Huaman Marchena, Segundo | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03102563 | 3 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------|---------------|------------|-------------|----------------|-------------|
| 045CA | Neyra Mijahuanga, Rosa Maribel | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 44451070 | 5 |
| 046CA | Giron Aniceto, José Cruz | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Viudo | 03107021 | 3 |
| 047CA | Veliz Romero, Maria Esther | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 47883977 | 2 |
| 048CA | Abad Aguilar, Mari Meri | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 41286799 | 2 |
| 049CA | Campos Reyes, Juan Damaniel | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 47530170 | 3 |
| 050CA | Campos Llacsahuanga, Isabel | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 03128780 | 4 |
| 051CA | Pangalanza Castillo, Santos | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 41550785 | 2 |
| 052CA | Sayes Cierito, Tiofila | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 43966345 | 2 |
| 053CA | Chiquihuanga Lalangui, Romelio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03117917 | 3 |
| 054CA | Aulas de Colegio Inicial | Culqui Alto | Paimas | Escuela | Primaria | | | |
| 055CA | Cocina del Colegio Primaria | Culqui Alto | Paimas | Escuela | Primaria | | | |
| 056CA | Servicios Higienicos | Culqui Alto | Paimas | Escuea | Primaria | | | |
| 057CA | García Mondragon, Elisenio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 44438144 | 3 |
| 058CA | Chuquihuanga Lalangui, Basilio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03651394 | 5 |
| 059CA | CAPILLA | Culqui Alto | Paimas | Capilla | | | | |
| 060CA | SALON COMUNAL | Culqui Alto | Paimas | Salón Comunal | | | | |
| 061CA | DETENENCIA | Culqui Alto | Paimas | Detenencia | | | | |
| 062CA | Chininin Chinchay, Felipe | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 45881712 | 4 |
| 063CA | Chininin Saavedra, Adaly Hayde | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 76381694 | 1 |
| 064CA | Marchena Lizano, Fulgencio | Culqui Alto | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03099273 | 3 |
| 065CA | Sinchay Lalanqui, Nicolas | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Viudo | 80600090 | 3 |
| 066CA | Peña Manchay, Marina | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 44289257 | 4 |
| 067CA | Huachillo Huaman, Nancy Graciela | Culqui Alto | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 08108011 | 5 |
| TOTAL DE HABITANTES | | CULQUI ALTO - PAIMAS | | | | | | 203 |
| TOTAL DE VIVIENDAS | | CULQUI ALTO - PAIMAS | | | | | | 061 |
| DENSIDAD POBLACIONAL | | | | | | | Hab/Viv | 3.33 |

CENTRO POBLADO DE CULQUI

| | | | | PADRÓN DE BENEFICIARIOS | | | | | | |
|---------|--|-----------|----------|-----------------------------------|----------------|--------------|----------|-------------------------|--|--|
| | | | | CULQUI - PAIMAS - AYABACA - PIURA | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| CODIGOS | APELLIDOS Y NOMBRES | DOMICILIO | DISTRITO | OCUPACIÓN | G. INSTRUCCIÓN | ESTADO CIVIL | DNI | CANTIDAD DE HAB. X VIV. | | |
| 001CU | Roa Vidal, Guido | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 03117357 | 4 | | |
| 002CU | Núñez Bravo, María Esperanza | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 03665245 | 6 | | |
| 003CU | Soto Cardoza, Wilian Bancer | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 80371905 | 4 | | |
| 004CU | Llacsahuanga Flores, Rosario | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 45649193 | 4 | | |
| 005CU | Yahuana Galvez, Nancy Yobely | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03685869 | 4 | | |
| 006CU | Yahuana Galvez, Nancy Yobely | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03685869 | 4 | | |
| 007CU | Yahuana Vidal, Rosa Editá | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Soltero | 03890046 | 5 | | |
| 008CU | Yahuana Vidal, Elmer Ernesto | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03108205 | 4 | | |
| 009CU | Ruiz Arevalo, Manuel Alfredo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 02735664 | 6 | | |
| 010CU | García Ramírez, Walter | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 08155263 | 3 | | |
| 011CU | Cardoza Castillo, Francisco | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 02731058 | 4 | | |
| 012CU | Manchay Cornejo, Hermes David | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03128728 | 3 | | |
| 013CU | Cardoza Castillo, Luciano | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03107691 | 5 | | |
| 014CU | Galvez de Yahuana, Carne Aurelia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 03108029 | 4 | | |
| 015CU | Mulatillo Gonza, Angel Maria | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03088093 | 4 | | |
| 016CU | Ramírez Jiménez, Reynaldo Javier | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 41528091 | 3 | | |
| 017CU | Rivas Vidal, Cesar Arturo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03116540 | 4 | | |
| 018CU | Rivas Cardoza, Cesar Yoel | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 74355566 | 3 | | |
| 019CU | Navarro Suarez, Carlos Ivan | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 47706113 | 4 | | |
| 020CU | Requena Julca, Santos Aurelio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03108131 | 3 | | |
| 021CU | Añazco Zapata, Luz Catalina | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 40628190 | 5 | | |
| 022CU | Torres Cordova, Ausberto | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03114211 | 3 | | |
| 023CU | Torres Añazco, Luis Enrique | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 45362690 | 3 | | |
| 024CU | Marchena Cordova, Franklin | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03128295 | 5 | | |
| 025CU | Huanca Rodríguez, Pedro Ivan | Culqui | Paimas | Agricultor | Analfabeto | Soltero | 48202361 | 3 | | |
| 026CU | Tomapasca Merino, Oswlado | Culqui | Paimas | Agricultor | Analfabeto | Casado | 03090760 | 4 | | |
| 027CU | Torres Añazco, Luis Enrique | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 45362690 | 3 | | |
| 028CU | Ríos Yanhua, Dalto Daniel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 47884399 | 3 | | |
| 029CU | Gamboa Castillo, Carlos Raul | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 02734693 | 3 | | |
| 030CU | Torres Cordova, Laureano | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03646697 | 3 | | |
| 031CU | Torres Cordova, Dioselina | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 03108328 | 3 | | |
| 032CU | VASO DE LECHE | Culqui | Paimas | | | | | 3 | | |
| 033CU | Añazco Zapata, Segundo Cesar | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03116577 | 4 | | |
| 034CU | Rios Torres, Segundo Humberto | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03107977 | 3 | | |
| 035CU | Acaro Pintado, Samuel Eloy | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 42380742 | 4 | | |
| 036CU | Cardoza Neyra, Jose Sergio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03128631 | 3 | | |
| 037CU | Navarro Cardoza, Carlos | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03650318 | 4 | | |
| 038CU | Navarro Suarez, Jonathan Joel | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 76381352 | 4 | | |
| 039CU | Cardoza Castillo, María Socorro | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03128813 | 4 | | |
| 040CU | Saldarriaga Calderon, Segundo Santiago | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03662484 | 5 | | |
| 041CU | Navarro Cardoza, Jaime | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03126252 | 4 | | |
| 042CU | Navarro Cardoza, Hilario | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 03117928 | 5 | | |

| | | | | | | | | |
|-------|----------------------------------|--------|--------|-------------|------------|-------------|----------|---|
| 043CU | Navarro Robledo, Irvin Hilario | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 76381700 | 6 |
| 044CU | Soto Ludeña, Lizardo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 02731057 | 3 |
| 045CU | ALMACEN DE COLEGIO INICIAL | Culqui | Paimas | | | | | 3 |
| 046CU | IGLESIA | Culqui | Paimas | | | | | 4 |
| 047CU | Yahuana Galvez, Carlos Javier | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 42046239 | 4 |
| 048CU | Yahuana Vidal, Guillermo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03108128 | 3 |
| 049CU | Lalangui Tomapasca, Santos | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Analfabeto | Soltero | 80492666 | 4 |
| 050CU | Correa Zegarra, Roger Javier | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 03102885 | 3 |
| 051CU | Ramirez Vidal, Edix Amado | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 03128960 | 5 |
| 052CU | Ramirez Vidal, Alex Javier | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 03128998 | 6 |
| 053CU | Ramirez Vidal, Alex Javier | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 03128998 | 5 |
| 054CU | Ramirez Camacho, Reynaldo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03108132 | 4 |
| 055CU | Vasquez Rivera, Carlos Emilio | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 03108133 | 3 |
| 056CU | Torres Zapata, Pedro Urbano | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03087585 | 4 |
| 057CU | OFICINA DE LA IGLESIA | Culqui | Paimas | | | | | 5 |
| 058CU | Ramirez Cardoza, Maria Yobandy | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Superior | Soltero | 03691178 | 3 |
| 059CU | Requena Julcahuanga, Juana Haide | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 80587003 | 5 |
| 060CU | Ruiz Yahuana, Yony Hernando | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 40404203 | 5 |
| 061CU | SALON COMUNAL | Culqui | Paimas | | | | | 3 |
| 062CU | Cardoza Castillo, Victor Manuel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03107693 | 3 |
| 063CU | Navarro Cardoza, Maria Andrea | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03128752 | 4 |
| 064CU | Flores Vidal, Jorge Fernando | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 02682216 | 3 |
| 065CU | IGLESIA BAUTISTA | Culqui | Paimas | | | | | 4 |
| 066CU | COMEDOR | Culqui | Paimas | | | | | 4 |
| 067CU | Ramirez Cardoza, Luis Antonio | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 03126311 | 5 |
| 068CU | Cordova Yanhua, Zoylo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03101144 | 3 |
| 069CU | Cordova Portocarrero, Elio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 80450931 | 3 |
| 070CU | Ramirez Vidal, Nelson Edwin | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 40569764 | 4 |
| 071CU | Navarro Ramirez, Frank Kelvin | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 46683740 | 3 |
| 072CU | Navarro Cardoza, Juan | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03661623 | 4 |
| 073CU | Navarro Ramirez, Jose Manuel | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 43094431 | 4 |
| 074CU | Ramirez Sanchez, Arbel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 02731695 | 3 |
| 075CU | Romero Cordova, Manuel Ricardo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 45971295 | 3 |
| 076CU | Cardoza Cornejo, Maria | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03126054 | 3 |
| 077CU | Julcanhuanca Lizano, Crecensiano | Culqui | Paimas | Agricultor | Analfabeto | Casado | 03107102 | 3 |
| 078CU | Ramirez Cardoza, Edgar Alberto | Culqui | Paimas | Conductor | Secundaria | Conviviente | 03691179 | 3 |
| 079CU | Saavedra Julcahuanca, Felix | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03126258 | 3 |
| 080CU | Valencia Huacchillo, Josefina | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 45858819 | 4 |
| 081CU | Chuquihuanga Vicente, Maria Aida | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 45168997 | 5 |
| 082CU | Quispe Portocarrero, Miguel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03117697 | 3 |
| 083CU | Quispe Pardo, Gabino | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03117337 | 4 |
| 084CU | Saavedra Lizano, Alejandro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 80596406 | 3 |
| 085CU | Saavedra Lizano, Javier | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 43926724 | 4 |
| 086CU | Saavedra Lizano, Juvenal | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 43968604 | 5 |
| 087CU | Jimenez Alberca, Isabel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03126092 | 4 |
| 088CU | Neyra Chuquihuanga, Elvita | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 16546238 | 3 |
| 089CU | Febre Rivera, Yolanda | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Superior | Conviviente | 02886258 | 4 |
| 090CU | Cordova Portocarrero, Clever | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 44682631 | 3 |

| | | | | | | | | |
|-------|--|--------|--------|-------------|------------|-------------|-----------|---|
| 091CU | Campoverde Abad, Rosalino | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03088711 | 5 |
| 092CU | Cortez Abad, Agustin | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03126236 | 4 |
| 093CU | Aguilar Veliz, Hernan | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 457001920 | 3 |
| 094CU | Cardoza Cornejo, Dilsia Janeth | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 45178253 | 3 |
| 095CU | Atto Cordova, Fidel Rul | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 03126131 | 3 |
| 096CU | Giron Silupu, Milka | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 42372406 | 4 |
| 097CU | Roa Vidal, Marcos Wilfredo | Culqui | Paimas | Profesor | Superior | Casado | 03126093 | 3 |
| 098CU | Vidal Cera, Maria Asuncion | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 03106870 | 3 |
| 099CU | Requena Julca, Santos Aurelio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03108131 | 3 |
| 100CU | Giron Silupu, Jose Enoc | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 41482557 | 3 |
| 101CU | Marchan Portocarrero, Hernan | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 43667714 | 3 |
| 102CU | Lopez Cardoza, Jose Santos | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03130044 | 4 |
| 103CU | Villavicencio Culquicondor, Florelinda | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 03128764 | 3 |
| 104CU | Acha Ruiz, Jorge Luis | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03598524 | 4 |
| 105CU | Chuquihuanga Rivera, Julia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Viuda | 80385979 | 3 |
| 106CU | Flores Vidal, Jorge Fernando | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 02682216 | 3 |
| 107CU | Lopez Cardoza, Jose Santos | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03130044 | 4 |
| 108CU | Yangua Jimenez, Zulma | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 03126230 | 4 |
| 109CU | Yangua Rios, Timoteo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03108084 | 3 |
| 110CU | Yangua Jimenez, Samuel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 47996824 | 4 |
| 111CU | Dominguez Niño, Rafael | Culqui | Paimas | Profesor | Superior | Conviviente | 80665858 | 4 |
| 112CU | Cruz Huaman, Teodoro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03087421 | 3 |
| 113CU | Dominguez Niño, Maximo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03126153 | 4 |
| 114CU | Luzon Alberca, Helibrando | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 03087571 | 5 |
| 115CU | Campos Tomapasca, Maria Fiorella | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 48789458 | 5 |
| 116CU | Rosillo Cordova, Jose Gabriel | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 80390394 | 4 |
| 117CU | Rosillo Lopez, Teodulo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03093318 | 4 |
| 118CU | Yahuana Galvez, Josbin Jonsy | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 80467106 | 4 |
| 119CU | Naira Novillo, Floro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03084073 | 3 |
| 120CU | Jimenez Abad, Eugenio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 3107926 | 4 |
| 121CU | Abad Mulatillo, Reyes | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Analfabeto | Soltero | 03107942 | 6 |
| 122CU | Nayra Castillo, Jose Arnulfo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 46252242 | 4 |
| 123CU | Chuquihuanga Abad, Bernabe Jose | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 42685827 | 5 |
| 124CU | Chuquihuanga Abad, Franco | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 40946489 | 4 |
| 125CU | Chuquihuanga Abad, Dionicio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03126010 | 5 |
| 126CU | Yangua Vicente, Dalinda | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Analfabeto | Soltero | 48669454 | 5 |
| 127CU | Quispe Yangua, Grimaklo | Culqui | Paimas | Agricultor | Analfabeto | Conviviente | 03100774 | 5 |
| 128CU | Chuquihuanga Abad, Alberto | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03126081 | 4 |
| 129CU | Campos Novillo, Elsa | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 03124061 | 4 |
| 130CU | Cordova Calle, Celinda | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 43955026 | 4 |
| 131CU | Chuquihuanga Giron, Braulio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03107345 | 4 |
| 132CU | Pintado Criollo, Maria Teodolinda | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 03117979 | 4 |
| 133CU | Marchan Chumacero, Filomon | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03100725 | 3 |
| 134CU | Manchay Cornejo, Hermes David | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03128728 | 4 |
| 135CU | Rivera Bernaldes, Angelica Maria | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Soltero | 40366280 | 5 |
| 136CU | Jimenez Abad, Crescencio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03691739 | 6 |
| 137CU | Aniceto Jimenez, Luz Maria | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 02805337 | 4 |
| 138CU | Giron Chuquihuanga, Juan Anaximandro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 44523249 | 4 |

| | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------------|--------|--------|-------------|------------|-------------|----------|---|
| 139CU | Febre Yangua, Segundo Ramon | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03117599 | 4 |
| 140CU | IGLESIA LUZ DEL MUNDO | | | | | | | 6 |
| 141CU | Quispe Portocarrero, Jose Santos | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03117338 | 5 |
| 142CU | Campoverde Criollo, Arcelia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Viuda | 03102094 | 6 |
| 143CU | Criollo Huachillo, Octavio | Culqui | Paimas | Agricultor | Analfabeto | Conviviente | 03102394 | 5 |
| 144CU | Giron Bernales, Yelsin Yanon | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 48278863 | 4 |
| 145CU | Giron Bernales, Yary Medaly | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Superior | Conviviente | 47741331 | 5 |
| 146CU | Bernales Dominguez, Maria Catalina | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Analfabeto | Soltero | 43954343 | 5 |
| 147CU | Huanca Calva, Romelia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 03126013 | 5 |
| 148CU | Huanca Sauma, Damarcio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03126338 | 2 |
| 149CU | Garcia Palacios, Ramon | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 80390011 | 4 |
| 150CU | Giron Ancieto, Jose Cruz | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | viudo | 03107029 | 5 |
| 151CU | Giron Garcia, Keiner | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 48621644 | 4 |
| 152CU | Neyra Garcia, Timoteo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03107648 | 4 |
| 153CU | Huachillo Huaman, Argimiro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03126291 | 5 |
| 154CU | Giron Chuquihuanga, Cesar Polonio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03126389 | 5 |
| 155CU | Huacchillo Valle, Lucas Amador | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03107806 | 6 |
| 156CU | Parra Lalangui, Felipe Artemio | Culqui | Paimas | Agricultor | Superior | Casado | 02612990 | 4 |
| 157CU | Jimenez Niño, Oswaldo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 0020144 | 6 |
| 158CU | Yangua Jimenez, Mauricio | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 41807065 | 3 |
| 159CU | Abad Culquicondor, Ermitaño | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03097752 | 4 |
| 160CU | Aguilar Saavedra, Rosa | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Analfabeto | Soltero | 48105239 | 3 |
| 161CU | Neyra Luzon, Cesar Augusto | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03101442 | 4 |
| 162CU | Requena Julca, Santos Aurelio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03108131 | 5 |
| 163CU | Calderon Jimenez, Marcos | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 80364443 | 5 |
| 164CU | Mija Campos, Santos Claudio | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 03107066 | 5 |
| 165CU | Castillo Pintado, Tempora Antonia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 10309168 | 4 |
| 166CU | River Alberca, Santos Alfonso | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03577835 | 5 |
| 167CU | Salcedo Rivera, Santos Rafael | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 02735747 | 5 |
| 168CU | Yangua Lloclla, Hipolito | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03101511 | 5 |
| 169CU | Marchena Cordova, Alipio | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 46104779 | 4 |
| 170CU | Veliz Chamba, Alejandrina | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 47957281 | 5 |
| 171CU | Yaguana Galvez, Luis Orlando | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 80482090 | 4 |
| 172CU | Mulatillo Garcia, Mirian Rene | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 80613001 | 6 |
| 173CU | Moreno Mayo, Palermo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03107672 | 4 |
| 174CU | Reyes Chamba, Casmituro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03107022 | 4 |
| 175CU | Reyes Yanayaco, Paulino | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03087590 | 6 |
| 176CU | Castillo Pintado, José Sandro | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03107163 | 5 |
| 177CU | Yahuana Yanayaco, Alfreda | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 03107617 | 5 |
| 178CU | Yaguana Vidal, Nolberto | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03881251 | 5 |
| 179CU | Correa Zegarra, Austroberto | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | | 4 |
| 180CU | Correa Zegarra, Isidro | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | | 4 |
| 181CU | Huachillo Huaman, Carmen Rosa | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Soltero | 43968613 | 4 |
| 182CU | Balladares Dominguez, Luis Reynaldo | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 43509164 | 4 |
| 183CU | Gomez Cordova, Maria Emerita | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Casado | 80388448 | 3 |
| 184CU | CAPILLA VIRGEN DEL ROSARIO | Culqui | Paimas | | | | | 5 |
| 185CU | Marchan Portocarrero, Elver | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 43636906 | 4 |
| 186CU | Morocho Timoteo, Alde | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Casado | 44174466 | 4 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------|------------|-------------|----------------|-------------|
| 187CU | Castillo Astudillo, Cruz Avelino | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03115993 | 4 |
| 188CU | Marchena Aguilar, Virginia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 80383552 | 4 |
| 189CU | Febre Neira, Jose Francisco | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Soltero | 03128762 | 5 |
| 190CU | Chininin Chinchay, Maria | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 03126035 | 3 |
| 191CU | Requena Julca, Santos Aurelio | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 03108131 | 4 |
| 192CU | Navarro Ramirez, Ronald | Culqui | Paimas | Ingeniero | Superior | Casado | | 3 |
| 193CU | Jimenez Cardoza, Alexander | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 74706544 | 4 |
| 194CU | Saavedra Lizano, Raul | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 02737858 | 4 |
| 195CU | Yahuana Villavicencio, Melissa Yaneth | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Soltero | 48194398 | 3 |
| 196CU | Mulatillo Garcia, Edia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 10434162 | 4 |
| 197CU | Navarro Robledo, Irvin Hilario | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Soltero | 76381700 | 3 |
| 198CU | Giron Rivera, Sarai | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Soltero | 74706603 | 3 |
| 199CU | Giron Garcia, Yatomi | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 74706608 | 4 |
| 200CU | Giron Chuquihuanga, Santos Isabel | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 80391481 | 4 |
| 201CU | Chuquihuanga Rivera, Julia | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Viuda | 80385979 | 4 |
| 202CU | Giron Chuquihuanga, Sebastian | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 03108089 | 4 |
| 203CU | Giron Bernal, Yary Medaly | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Superior | Conviviente | 47741331 | 4 |
| 204CU | Acha Garcia, Monica del Pilar | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 47196868 | 5 |
| 205CU | Acha Garcia, Irina Marianet | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Secundaria | Conviviente | 46837564 | 5 |
| 206CU | Ramirez Jimenez, Edix David | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 41672896 | 4 |
| 207CU | Ramirez Vidal, Darwin Harol | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Casado | 45600245 | 6 |
| 208CU | Yahuana Galvez, Rimbado Ivan | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Conviviente | 41357630 | 4 |
| 209CU | Cardoza Nuñez, Cleiber Leodan | Culqui | Paimas | Agricultor | Primaria | Casado | 47367397 | 3 |
| 210CU | Galvez Lalangui, Santos Paula | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Conviviente | 02628227 | 6 |
| 211CU | Mija Carrion, Edgar | Culqui | Paimas | Agricultor | Superior | Conviviente | 42203341 | 4 |
| 212CU | Mija Carrion, Yankarlo | Culqui | Paimas | Agricultor | Secundaria | Conviviente | 42960744 | 5 |
| 213CU | Yahuana Yanayaco, Hercila | Culqui | Paimas | Ama de Casa | Primaria | Viuda | 03107618 | 4 |
| 253CU | COLEGIO NACIONAL - INICIAL CULQUI | Culqui | Paimas | | | | | |
| 254CU | COLEGIO NACIONAL - PRIMARIA CULQUI | Culqui | Paimas | | | | | |
| 255CU | COLEGIO NACIONAL - SECUNDARIA CULQUI | Culqui | Paimas | | | | | |
| TOTAL DE HABITANTES | | CULQUI - CULQUI ALTO - PAIMAS | | | | | | 861 |
| TOTAL DE VIVIENDAS | | CULQUI - CULQUI ALTO - PAIMAS | | | | | | 213 |
| DENSIDAD POBLACIONAL | | | | | | | Hab/Viv | 4.04 |

ANEXO II

ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

INFORME DE ENSAYO N° 3-01147/17

Pág. 1/3

| | |
|-------------------------------------|--|
| Solicitante | EVANGELISTA APONTE, RUBEN DAVID |
| Domicilio legal | Mza. E5 Lote. 20 Urb. Paseo del Mar - Nuevo Chimbote - Santa - Ancash |
| Producto declarado | AGUA DE CANAL |
| Cantidad de Muestras para el Ensayo | 1 muestra x 13 L aprox. Muestra proporcionada por el solicitante |
| Identificación de la muestra | MUESTRA 1.3 CANAL DERIVACIÓN GIMROZ PG (16 + 087) COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 610379.67E - 9488823.65S N COTA: 581 masn. "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LOS CENTROS PORLADOS DE CULQUI, LAURELES Y EN EL CASERIO CULQUI ALTO, DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA" |
| Forma de Presentación | En fiasco de plástico, cerrado. |
| Fecha de recepción | 2017 - 01 - 20 |
| Fecha de inicio del ensayo | 2017 - 01 - 20 |
| Fecha de término del ensayo | 2017 - 01 - 27 |
| Ensayo realizado en | Laboratorio de Microbiología / Ambiental |
| Identificado con | MS 17000641 (EXMA-00644-2017) |
| Validez del documento | Este documento es válido solo para la muestra descrita |

Análisis Microbiológico:

| Ensayos | LD | Unidad | Resultados |
|----------------------------|-----|------------|------------|
| Coliformes Termotolerantes | 1.0 | NMP/100 mL | 400 |
| Coliformes Totales | 1.0 | NMP/100 mL | 1300 |

LD: Límite de detección

Análisis Físico Químico:

| Ensayos | | LD | Unidad | Resultados |
|----------------------------------|---------|-------|------------------------|------------|
| Acidez Total | | 0.6 | mgCaCO ₃ /L | 89.06 |
| Color | | 1 | UC | 11.75 |
| Dureza Total | | 1 | mgCaCO ₃ /L | 82.96 |
| pH | | - | - | 8.10 |
| Turbiedad | | 1 | NTU | 24.2 |
| Aniones por Cromatografía Iónica | Nitrato | 0.009 | mg/L | 0.414 |
| | Nitrito | 0.007 | mg/L | 0.212 |
| | Sulfato | 0.08 | mg/L | 7.28 |

LD: Límite de detección


 CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (011) 312 9000
 info@cerper.com - www.cerper.com

 CHIMBOTE
 Urb. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 046

 PIURA
 Urb. Argemiro IE Av. Panamericana
 Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-01147/17

Pág. 2/3

Metales totales por ICP-MS:

| Elemento | LD | Unidad | Resultados |
|-----------|---------|--------|------------|
| Aluminio | 0.0025 | mg/L | 1.217 |
| Arsénico | 0.0005 | mg/L | 0.00171 |
| Antimonio | 0.0002 | mg/L | <0.00020 |
| Bario | 0.00015 | mg/L | 0.01173 |
| Berilio | 0.00015 | mg/L | <0.00015 |
| Bismuto | 0.0025 | mg/L | <0.00250 |
| Boro | 0.01 | mg/L | <0.010 |
| Cadmio | 0.00005 | mg/L | <0.000050 |
| Calcio | 0.1 | mg/L | 13.64 |
| Cobalto | 0.0003 | mg/L | <0.00030 |
| Cromo | 0.0003 | mg/L | <0.00030 |
| Cromo | 0.0005 | mg/L | <0.00050 |
| Estadío | 0.00020 | mg/L | <0.00020 |
| Selenio | 0.00045 | mg/L | 0.07980 |
| Fosforo | 0.1 | mg/L | <0.100 |
| Litio | 0.00025 | mg/L | 0.004 |
| Magnesio | 0.01 | mg/L | 4.561 |
| Manganeso | 0.00025 | mg/L | 0.03455 |
| Molibdeno | 0.0002 | mg/L | <0.00020 |
| Níquel | 0.00030 | mg/L | <0.00030 |
| Plata | 0.00005 | mg/L | <0.00005 |
| Plomo | 0.0002 | mg/L | <0.00020 |
| Potasio | 0.01 | mg/L | 1.606 |
| Selenio | 0.001 | mg/L | <0.0010 |
| Silicio | 0.01 | mg/L | 18.84 |
| Sodio | 0.01 | mg/L | 6.759 |
| Tiempo | 0.0005 | mg/L | 0.06547 |
| Telurio | 0.0005 | mg/L | <0.00050 |
| Talla | 0.00010 | mg/L | <0.00010 |
| Uranio | 0.00005 | mg/L | <0.00005 |
| Vanadio | 0.0005 | mg/L | 0.00609 |
| Wolframio | 0.0005 | mg/L | <0.00050 |
| Zinc | 0.0005 | mg/L | <0.00050 |
| Hierro | 0.01 | mg/L | 1.295 |
| Mercurio | 0.00005 | mg/L | <0.00005 |

LD: Límite de detección



CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Parla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui s/n
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048

PIURA
Urb. Angamos 12 Av. Panamericana
Nro. 9 Mz-A Lot 9 - 02 - Piura
T. (073) 322 606 / 9875 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-01147/17

Pág. 3/3

MÉTODOS

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures Thermotolerant coliform test (9C medium)
Coliformes Totales: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Alcalinidad Total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012. Alkalinity. Titration Method
Color: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22nd Ed. 2012. Color. Spectrophotometer-Single-Wavelength Method (Proposed)
Dureza Total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 22nd Ed. 2012. Hardness. EDTA Titrimetric Method
pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed. 2012. pH Value. Electrode Method
Turbiedad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 22nd Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
Aniones por Cromatografía Iónica: EPA METHOD 305-E, 1990. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography
Metales totales por ICP-MS: Litio, Berilio, Boro, Sodio, Magnesio, Aluminio, Silicio, Fósforo, Potasio, Calcio, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Hierro, Cobalto, Niquel, Cobre, Zinc, Selenio, Arsénico, Estroncio, Molibdeno, Plomo, Cadmio, Estaño, Antimonio, Talio, Bario, Wolframio, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto, Uranio: ISO 17294-2, 2016. Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 30 de Enero de 2017
AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 33350
Jefe de COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

INFORME DE ENSAYO N° 3-01148/17

Pág. 1/3

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Solicitante | : | EVANGELISTA APONTE, RUBEN DAVID |
| Domicilio legal | : | Mza. 55 Lote. 20 Urb. Paseo del Mar - Nuevo Chimbote - Santa - Ancash |
| Producto declarado | : | AGUA DE MANANTIAL |
| Cantidad de Muestras para el Ensayo | : | 2 muestras x 25 L Muestra proporcionada por el solicitante |
| Identificación de la muestra | : | "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LOS CENTROS POBLADOS DE CULQUI, LAURELES Y EN EL CASERIO CULQUI ALTO, DISTRITO DE PAJMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA" Según se indica |
| Forma de Presentación | : | En frascos de plástico, cerrados. |
| Fecha de recepción | : | 2017 - 01 - 20 |
| Fecha de inicio del ensayo | : | 2017 - 01 - 20 |
| Fecha de término del ensayo | : | 2017 - 01 - 27 |
| Ensayo realizado en | : | Laboratorio de Microbiología / Ambiental |
| Identificado con | : | N/S 17090641 (EXMA-00640-2017) |
| Validez del documento | : | Este documento es válido solo para la muestras descritas |

Análisis Microbiológico

| Ensayo | LD | Unidad | Muestras / Resultados | |
|----------------------------|-----|------------|--|--|
| | | | MUESTRA 1.1 CAPTACIÓN MANANTIAL LAS MASAS COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 80986326 E - 848811387 N COTA: 856,85 msnm. | MUESTRA 1.2 CAPTACIÓN MANANTIAL POTRANCAS COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 80983235 E - 848808974 N COTA: 832,18 msnm. |
| Coliformes Termotolerantes | 1,8 | NMP/100 mL | 13 | 1 100 |
| Coliformes Totales | 1,8 | NMP/100 mL | 33 | 3 300 |

LD: Límite de detección

Análisis Físico Químico

| Ensayo | LD | Unidad | Muestras / Resultados | |
|--|---------|------------------------|--|--|
| | | | MUESTRA 1.1 CAPTACIÓN MANANTIAL LAS MASAS COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 80986326 E - 848811387 N COTA: 856,85 msnm. | MUESTRA 1.2 CAPTACIÓN MANANTIAL POTRANCAS COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 80983235 E - 848808974 N COTA: 832,18 msnm. |
| Acidez Total | 3,8 | mgCaCO ₃ /L | 295,0 | 304,1 |
| Color | 1 | UC | <1 | 2,25 |
| Cloruro Total | 1 | mgCaCO ₃ /L | 180,0 | 254,3 |
| pH | - | - | 7,08 | 7,36 |
| Turbiedad | 1 | NTU | 2,18 | 2,07 |
| Aniones por Cromatografía iónica | Nitrito | 0,308 | mg/L | 0,586 |
| | Nitrato | 0,307 | mg/L | <0,307 |
| | Sulfato | 0,08 | mg/L | 28,7 |

LD: Límite de detección


 CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000
 info@cerper.com - www.cerper.com

 CHIMBOTE
 Urb. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Chico, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048

 PIURA
 Urb. Angamos IE Av. Panamericana
 Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 3-01148/17

Pág. 23

Metales totales por ICP-MS:

| Elemento | LQ | Unidad | Muestras / Resultados | |
|-----------|---------|--------|--|--|
| | | | MUESTRA 1.1 CAPTACIÓN MANANTIAL LAS MASAS COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 689954.524 E - 9484811.587 N COTA: 836.88 metros | MUESTRA 1.2 CAPTACIÓN MANANTIAL POTRANCAS COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 17 SUR: 689552.36 E - 9483689.16 N COTA: 832.18 metros |
| Aluminio | 0.0025 | mg/L | 0.08862 | 0.1340 |
| Arsenico | 0.0008 | mg/L | 0.00380 | <0.00080 |
| Antimonio | 0.0002 | mg/L | <0.00020 | <0.00020 |
| Bario | 0.00015 | mg/L | 0.00793 | 0.00891 |
| Berilio | 0.00015 | mg/L | <0.00015 | <0.00015 |
| Bismuto | 0.0025 | mg/L | <0.00250 | <0.00250 |
| Boro | 0.01 | mg/L | 0.1968 | 0.1003 |
| Cadmio | 0.0008 | mg/L | <0.00080 | <0.00080 |
| Calcio | 0.1 | mg/L | 48.54 | 74.68 |
| Cobalto | 0.0003 | mg/L | <0.00030 | <0.00030 |
| Cromo | 0.0003 | mg/L | <0.00030 | 0.00198 |
| Cromo | 0.0005 | mg/L | <0.00050 | <0.00050 |
| Etano | 0.00028 | mg/L | <0.00028 | <0.00028 |
| Estroncio | 0.00045 | mg/L | 0.1807 | 0.1985 |
| Fosforo | 0.1 | mg/L | <0.100 | <0.100 |
| Litio | 0.00025 | mg/L | <0.00025 | <0.00025 |
| Magnesio | 0.01 | mg/L | 18.30 | 28.08 |
| Manganeso | 0.00025 | mg/L | 0.00361 | 0.00336 |
| Molibdeno | 0.0002 | mg/L | <0.00020 | <0.00020 |
| Niquel | 0.00035 | mg/L | <0.00035 | <0.00035 |
| Plata | 0.00008 | mg/L | <0.00008 | <0.00008 |
| Plomo | 0.0002 | mg/L | <0.00020 | <0.00020 |
| Potasio | 0.01 | mg/L | 1.564 | <0.010 |
| Selenio | 0.001 | mg/L | <0.0010 | <0.0010 |
| Silicio | 0.01 | mg/L | 17.88 | 18.21 |
| Sodio | 0.01 | mg/L | 50.90 | 115.7 |
| Titanio | 0.0005 | mg/L | 0.01155 | 0.00647 |
| Teluro | 0.0005 | mg/L | <0.00050 | <0.00050 |
| Talla | 0.00016 | mg/L | <0.00016 | <0.00016 |
| Uranio | 0.00005 | mg/L | <0.00005 | <0.00005 |
| Vanadio | 0.0005 | mg/L | 0.02781 | 0.02519 |
| Wolframio | 0.0005 | mg/L | <0.00050 | <0.00050 |
| Zinc | 0.0005 | mg/L | 0.0856 | <0.00050 |
| Hierro | 0.01 | mg/L | 0.1258 | 0.1320 |
| Mercurio | 0.00005 | mg/L | <0.00005 | <0.00005 |



CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Puerta - Callao
T. (511) 219 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui s/n
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048

PIURA
Urb. Angamos IE Av. Panamericana
Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63181

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

INFORME DE ENSAYO N° 3-01148/17

Pág. 3/3

MÉTODOS

Coliformes Termotolerantes: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures. Thermotolerant coliform test (EC medium)
Coliformes Totales: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G, 22nd Ed. 2012. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Alcalinidad Total: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. 2012. Alkalinity. Titration Method
Color: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 2130 C, 22nd Ed. 2012. Color. Spectrophotometric Single-Wavelength Method (Proposed)
Dureza Total: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 22nd Ed. 2012. Hardness. EDTA Titrimetric Method
pH: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 4505-H-5, 22nd Ed. 2012. pH value. Electrode Method
Turbiedad: SM9001-APHA-AWWA-WEF Part 2130 G, 22nd Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
Aniones por Cromatografía Iónica: EPA METHOD 800.0, 1993. Determination Of inorganic Anions By Ion Chromatography
Metas totales por ICP-MS: Litio, Berilio, Boro, Sodio, Magnesio, Aluminio, Silicio, Fósforo, Potasio, Calcio, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Hierro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Selenio, Arsénico, Estroncio, Molibdeno, Plata, Cadmio, Estanho, Antimonio, Talio, Bario, Wolframio, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto, Uranio. ISO 17294-2, 2016. Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 30 de Enero de 2017
AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.E.P. N° 03202
Jefe de Coordinación de Laboratorios

TEL USO INDICADO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ANEXO III

PARAMETROS DE DISEÑO

ANEXO III.I

POBLACIÓN DE DISEÑO

CENTRO POBLADO DE CULQUI ALTO

CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA - CENTRO POBLADO "CULQUI ALTO"

| PERIODO DE DISEÑO | 20 | Años |
|-------------------|------|-----------|
| CENSO POBLACIONAL | AÑO | POBLACION |
| | 1981 | 133 |
| | 1993 | 153 |
| | 2007 | 181 |
| | 2017 | 203 |

Según el INEI

1. CRECIMIENTO LINEAL

Este método sugiere que la población aumenta con una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir, que a la población actual del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro.

Esto gráficamente representa una línea recta.

$$\frac{dP}{dT} = k_a \quad \Rightarrow \quad K = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} = \frac{P_1 - P_0}{m}$$

m: periodo intercensal entre los censos P1 y P0

t1: año correspondiente al censo P1

t0: año correspondiente al censo P0

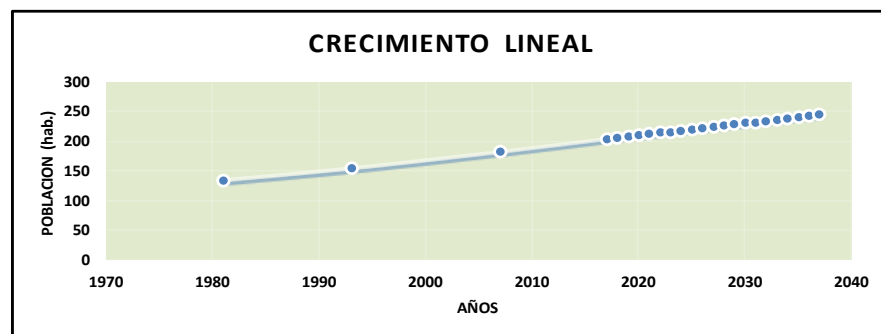
k: constante o tasa de crecimiento aritmético

$$P = P_1 + n \left(\frac{P_1 - P_0}{m} \right)$$

Ecuación de la recta

p: población al final del periodo de diseño

n: periodo comprendido entre el último censo considerado y el último año del periodo de diseño



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | 2017 | PROM. |
|-------|-----------|-----------|-----------|------|-------|
| K | 1.94 | 2.08 | 2.20 | | 2.01 |
| 2018 | 205 | 205 | 205 | | 205 |
| 2019 | 207 | 207 | 207 | | 207 |
| 2020 | 209 | 209 | 210 | | 209 |
| 2021 | 211 | 211 | 212 | | 211 |
| 2022 | 213 | 213 | 214 | | 213 |
| 2023 | 215 | 216 | 216 | | 215 |
| 2024 | 217 | 218 | 218 | | 217 |
| 2025 | 219 | 220 | 221 | | 219 |
| 2026 | 221 | 222 | 223 | | 221 |
| 2027 | 222 | 224 | 225 | | 223 |
| 2028 | 224 | 226 | 227 | | 225 |
| 2029 | 226 | 228 | 229 | | 227 |
| 2030 | 228 | 230 | 232 | | 229 |
| 2031 | 230 | 232 | 234 | | 231 |
| 2032 | 232 | 234 | 236 | | 233 |
| 2033 | 234 | 236 | 238 | | 235 |
| 2034 | 236 | 238 | 240 | | 237 |
| 2035 | 238 | 241 | 243 | | 239 |
| 2036 | 240 | 243 | 245 | | 241 |
| 2037 | 242 | 245 | 247 | | 243 |
| PROM. | 223 | 225 | 226 | | 224 |

CUADRO N° 02: PROYECCIÓN PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 133 |
| 1993 | 153 |
| 2007 | 181 |
| 2017 | 203 |
| 2018 | 205 |
| 2019 | 207 |
| 2020 | 209 |
| 2021 | 211 |
| 2022 | 213 |
| 2023 | 215 |
| 2024 | 217 |
| 2025 | 219 |
| 2026 | 221 |
| 2027 | 223 |
| 2028 | 225 |
| 2029 | 227 |
| 2030 | 229 |
| 2031 | 231 |
| 2032 | 233 |
| 2033 | 235 |
| 2034 | 237 |
| 2035 | 239 |
| 2036 | 241 |
| 2037 | 243 |

2. METODO GEOMETRICO

Este método se puede usar para alguna poblaciones, en especial aquellas ciudades que no han alcanzado su desarrollo y crecen manteniendo un porcentaje uniforme obtenido en los periodos pasados. La representación grafica seria la de una curva de interés compuesto.

La ecuacion de este metodo es: $\frac{dP}{dT} = rP \quad \frac{dP}{P} = r \cdot dT$

integrando y sacando logaritmo en ambos miembros de la ecuacion queda asi: $r = \frac{\ln(1+r)}{t}$

se concluye que: $e^{n \cdot r} = (1 + r)^n$

Luego: $P = P_1 (1 + r)^n$

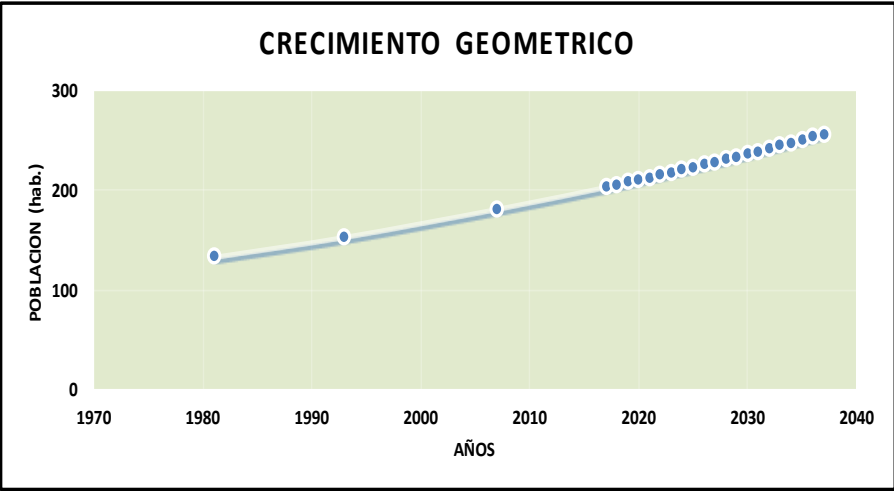
Donde:

P: población

r: constante de crecimiento geométrico

n: numero de años entre el último censo y el ultimo del periodo de diseño

t: tiempo



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | 2017 | PROM. |
|-------|-----------|-----------|-----------|------|--------|
| r | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | 0.0117 |
| 2018 | 205 | 205 | 205 | | 205 |
| 2019 | 208 | 208 | 208 | | 208 |
| 2020 | 210 | 210 | 210 | | 210 |
| 2021 | 213 | 213 | 213 | | 213 |
| 2022 | 215 | 215 | 215 | | 215 |
| 2023 | 218 | 218 | 217 | | 218 |
| 2024 | 220 | 220 | 220 | | 220 |
| 2025 | 223 | 223 | 223 | | 223 |
| 2026 | 226 | 226 | 225 | | 225 |
| 2027 | 228 | 228 | 228 | | 228 |
| 2028 | 231 | 231 | 230 | | 231 |
| 2029 | 234 | 234 | 233 | | 234 |
| 2030 | 236 | 237 | 236 | | 236 |
| 2031 | 239 | 239 | 238 | | 239 |
| 2032 | 242 | 242 | 241 | | 242 |
| 2033 | 245 | 245 | 244 | | 245 |
| 2034 | 248 | 248 | 247 | | 248 |
| 2035 | 251 | 251 | 250 | | 250 |
| 2036 | 254 | 254 | 252 | | 253 |
| 2037 | 257 | 257 | 255 | | 256 |
| PROM. | 230 | 230 | 229 | | 230 |

CUADRO N° 02: PROYECCIÓN PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 133 |
| 1993 | 153 |
| 2007 | 181 |
| 2017 | 203 |
| 2018 | 205 |
| 2019 | 208 |
| 2020 | 210 |
| 2021 | 213 |
| 2022 | 215 |
| 2023 | 218 |
| 2024 | 220 |
| 2025 | 223 |
| 2026 | 225 |
| 2027 | 228 |
| 2028 | 231 |
| 2029 | 234 |
| 2030 | 236 |
| 2031 | 239 |
| 2032 | 242 |
| 2033 | 245 |
| 2034 | 248 |
| 2035 | 250 |
| 2036 | 253 |
| 2037 | 256 |

3. METODO WAPPUS

La ecuacion de proyeccion de poblacion por el metodo de wapus es:

$$P_f = P_i \left(\frac{200 + i(T_f - T_i)}{200 - i(T_f - T_i)} \right)$$

La tasa de crecimiento se calcula apartir de la expresion:

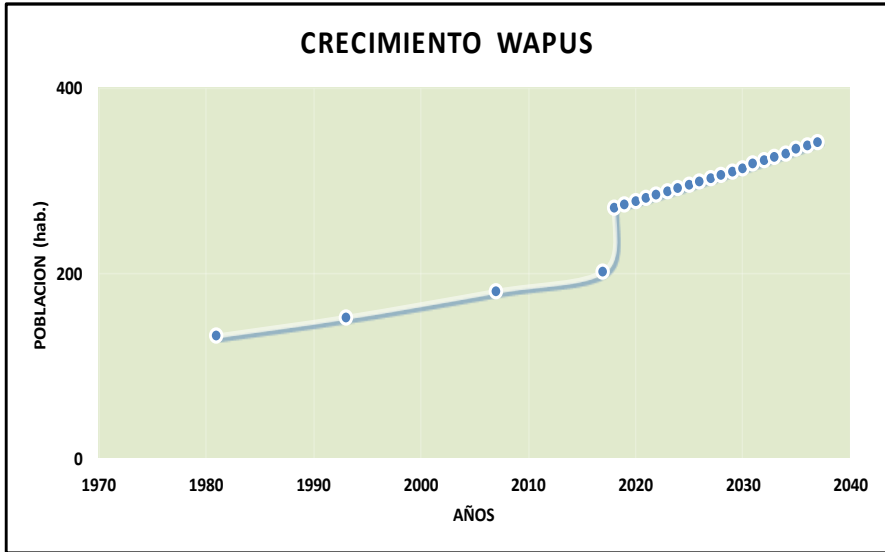
$$i = \frac{200 (P_u - P_i)}{(T_u - T_i) (P_u - P_i)}$$

Donde:

P: población

i: constante de crecimiento geométrico

t: numero de años entre el último censo y el ultimo del periodo de diseño



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | 2017 | PROM. |
|-------|-----------|-----------|-----------|------|-------|
| i | 1.16 | 1.17 | 1.15 | | 1.16 |
| 2018 | 314 | 273 | 230 | | 272 |
| 2019 | 317 | 276 | 233 | | 275 |
| 2020 | 321 | 279 | 236 | | 279 |
| 2021 | 325 | 283 | 238 | | 282 |
| 2022 | 329 | 286 | 241 | | 285 |
| 2023 | 333 | 289 | 244 | | 289 |
| 2024 | 337 | 293 | 247 | | 292 |
| 2025 | 342 | 297 | 250 | | 296 |
| 2026 | 346 | 300 | 253 | | 300 |
| 2027 | 350 | 304 | 256 | | 303 |
| 2028 | 355 | 308 | 259 | | 307 |
| 2029 | 359 | 311 | 262 | | 311 |
| 2030 | 364 | 315 | 265 | | 315 |
| 2031 | 368 | 319 | 268 | | 318 |
| 2032 | 373 | 323 | 271 | | 322 |
| 2033 | 378 | 327 | 274 | | 326 |
| 2034 | 383 | 331 | 277 | | 330 |
| 2035 | 388 | 335 | 281 | | 334 |
| 2036 | 393 | 340 | 284 | | 339 |
| 2037 | 398 | 344 | 287 | | 343 |
| PROM. | 354 | 307 | 258 | | 306 |

CUADRO N° 02:
PROYECCIÓN
PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 133 |
| 1993 | 153 |
| 2007 | 181 |
| 2017 | 203 |
| 2018 | 272 |
| 2019 | 275 |
| 2020 | 279 |
| 2021 | 282 |
| 2022 | 285 |
| 2023 | 289 |
| 2024 | 292 |
| 2025 | 296 |
| 2026 | 300 |
| 2027 | 303 |
| 2028 | 307 |
| 2029 | 311 |
| 2030 | 315 |
| 2031 | 318 |
| 2032 | 322 |
| 2033 | 326 |
| 2034 | 330 |
| 2035 | 334 |
| 2036 | 339 |
| 2037 | 343 |

4. CRECIMIENTO LOGARITMICO

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{dP}{dT} = K_g P \quad \frac{dP}{P} = K_g dT$$

integrando la ecuación entre dos periodos de tiempo se tiene:

$$\ln P_2 - \ln P_1 = K_g (T_2 - T_1) \quad K_g = \frac{\ln P_{CP} - \ln P_{CA}}{T_{CP} - T_{CA}}$$

Donde:

El índice *cp* corresponde al censo posterior y el sub índice *ca* al censo anterior. La aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, ya que al evaluar un K_g promedio se requiere de un mínimo de dos valores de K_g .

$$\ln P + C = K_g T \quad \text{para } T=0 \quad P=P_{CI}$$

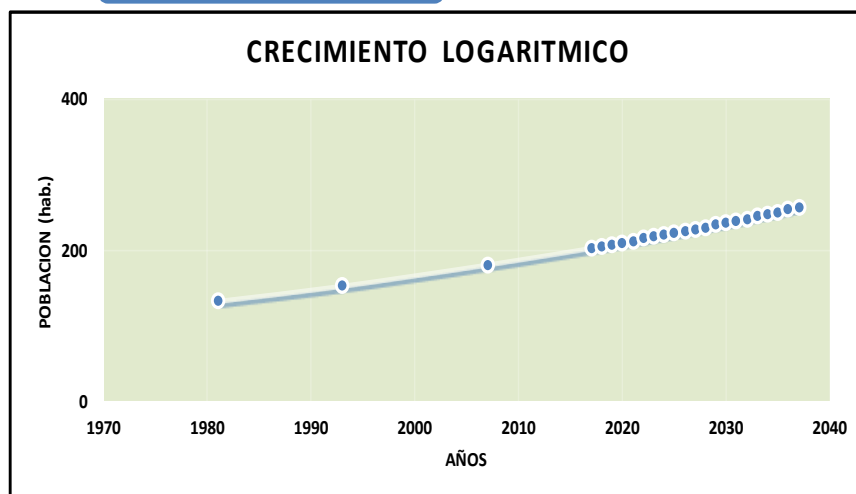
$$C = -\ln P_{CI}$$

reemplazando el valor de K_g se obtiene la ec. De proyección de población:

$$\ln P_f = \ln P_a + K_g (T_f - T_{CI})$$

donde:

$$P_f = P_{CI} \cdot e^{K_g (T_f - T_{CI})}$$



CUADRO N° 04: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981-2017 | 1993-2017 | 2007-2017 | 2017 | PROM. |
|--------------|------------|------------|------------|------|------------|
| Kg | 0.01 | 0.01 | 0.01 | | 0.01 |
| 2018 | 205 | 207 | 203 | | 205 |
| 2019 | 207 | 210 | 206 | | 208 |
| 2020 | 210 | 212 | 208 | | 210 |
| 2021 | 212 | 215 | 210 | | 213 |
| 2022 | 215 | 218 | 213 | | 215 |
| 2023 | 217 | 220 | 215 | | 218 |
| 2024 | 220 | 223 | 218 | | 220 |
| 2025 | 222 | 226 | 220 | | 223 |
| 2026 | 225 | 228 | 223 | | 225 |
| 2027 | 228 | 231 | 225 | | 228 |
| 2028 | 230 | 234 | 228 | | 231 |
| 2029 | 233 | 237 | 231 | | 233 |
| 2030 | 236 | 240 | 233 | | 236 |
| 2031 | 238 | 242 | 236 | | 239 |
| 2032 | 241 | 245 | 239 | | 242 |
| 2033 | 244 | 248 | 241 | | 245 |
| 2034 | 247 | 251 | 244 | | 247 |
| 2035 | 250 | 254 | 247 | | 250 |
| 2036 | 253 | 257 | 250 | | 253 |
| 2037 | 256 | 260 | 253 | | 256 |
| PROM. | 229 | 233 | 227 | | 230 |

| AÑOS | POBL. |
|-------------|-------|
| 1981 | 133 |
| 1993 | 153 |
| 2007 | 181 |
| 2017 | 203 |
| 2018 | 205 |
| 2019 | 208 |
| 2020 | 210 |
| 2021 | 213 |
| 2022 | 215 |
| 2023 | 218 |
| 2024 | 220 |
| 2025 | 223 |
| 2026 | 225 |
| 2027 | 228 |
| 2028 | 231 |
| 2029 | 233 |
| 2030 | 236 |
| 2031 | 239 |
| 2032 | 242 |
| 2033 | 245 |
| 2034 | 247 |
| 2035 | 250 |
| 2036 | 253 |
| 2037 | 256 |

RESUMEN DE CALCULO DE LA POBLACION FUTURA DEL PROYECTO.

| AÑO | LINEAL | GEOMETRICO | LOGARITMICO | WAPPUS | PROMEDIO 1 | PROMEDIO 2 |
|------|--------|------------|-------------|--------|------------|------------|
| 1981 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| 1993 | 153 | 153 | 153 | 153 | 153 | 153 |
| 2007 | 181 | 181 | 181 | 181 | 181 | 181 |
| 2017 | 203 | 203 | 203 | 203 | 203 | 203 |
| 2018 | 205 | 205 | 205 | 272 | 205 | 222 |
| 2019 | 207 | 208 | 208 | 275 | 207 | 224 |
| 2020 | 209 | 210 | 210 | 279 | 210 | 227 |
| 2021 | 211 | 213 | 213 | 282 | 212 | 230 |
| 2022 | 213 | 215 | 215 | 285 | 214 | 232 |
| 2023 | 215 | 218 | 218 | 289 | 217 | 235 |
| 2024 | 217 | 220 | 220 | 292 | 219 | 237 |
| 2025 | 219 | 223 | 223 | 296 | 222 | 240 |
| 2026 | 221 | 225 | 225 | 300 | 224 | 243 |
| 2027 | 223 | 228 | 228 | 303 | 226 | 246 |
| 2028 | 225 | 231 | 231 | 307 | 229 | 248 |
| 2029 | 227 | 234 | 233 | 311 | 231 | 251 |
| 2030 | 229 | 236 | 236 | 315 | 234 | 254 |
| 2031 | 231 | 239 | 239 | 318 | 236 | 257 |
| 2032 | 233 | 242 | 242 | 322 | 239 | 260 |
| 2033 | 235 | 245 | 245 | 326 | 241 | 263 |
| 2034 | 237 | 248 | 247 | 330 | 244 | 266 |
| 2035 | 239 | 250 | 250 | 334 | 247 | 269 |
| 2036 | 241 | 253 | 253 | 339 | 249 | 272 |
| 2037 | 243 | 256 | 256 | 343 | 252 | 275 |

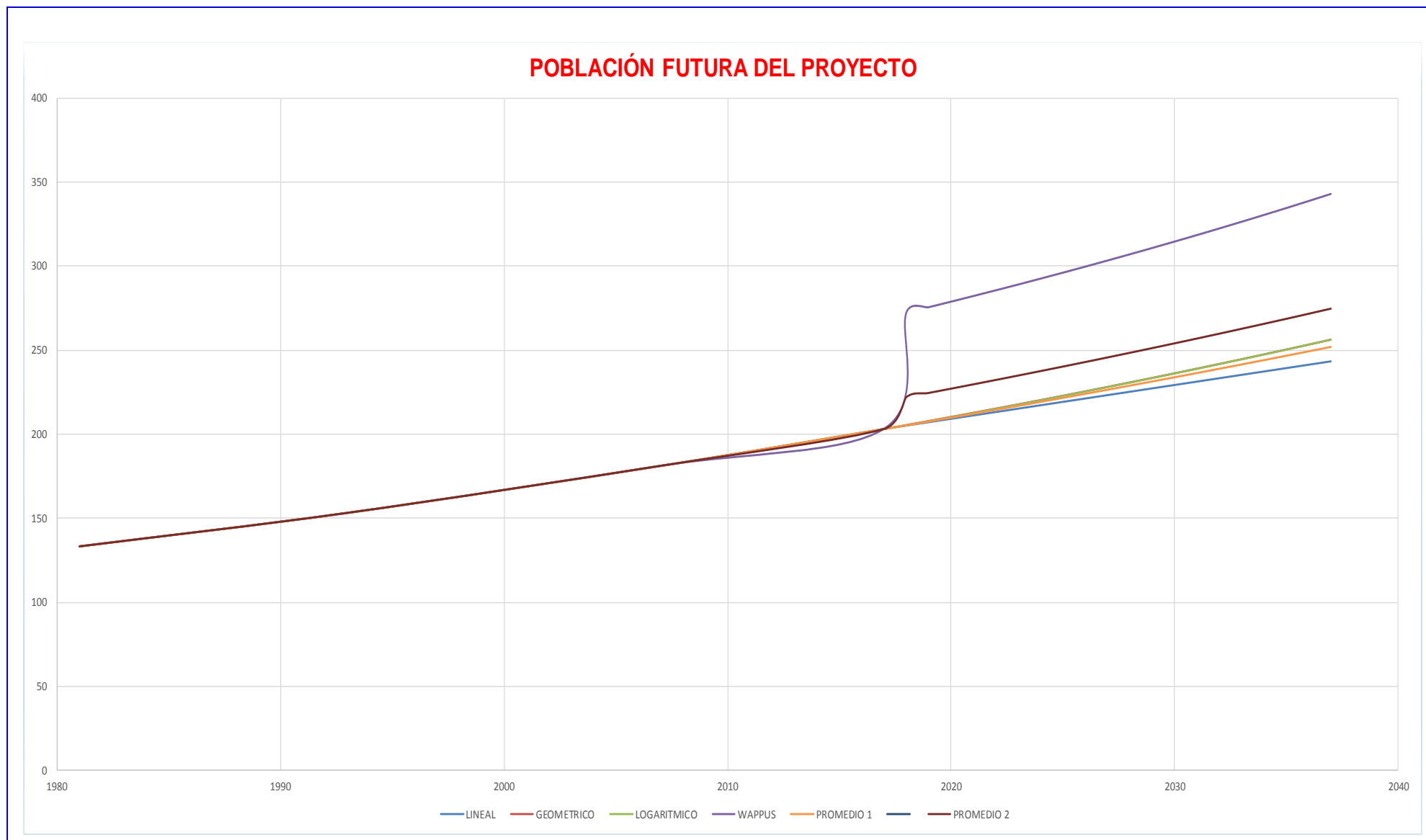
Resumen de Calculos de poblacion futura por diferentes metodos

Excluimos este calculo dejando con el criterio de cada diseñador, de acuerdo al analisis del crecimiento de cada comunidad. de acuerdo al plano urbanistico y de expansión o ampliacion, tomando en cuenta las características de condiciones climaticas del lugar, topografia y condiciones socioeconomicas. escoja el metodo apropiado para su estudio

Calculo de poblacion futura

$$P_f = \frac{P_{lineal} + P_{geometrico} + P_{logaritmico}}{3}$$

Poblacion futura = 252



CENTRO POBLADO DE CULQUI

CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA - CENTRO POBLADO "CULQUI"

| PERIODO DE DISEÑO | 20 | Años |
|-------------------|------|-----------|
| CENSO POBLACIONAL | AÑO | POBLACION |
| | 1981 | 564 |
| | 1993 | 650 |
| | 2007 | 766 |
| | 2017 | 861 |

Según el INEI

1. CRECIMIENTO LINEAL

Este método sugiere que la población aumenta con una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir, que a la población actual del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro.

Esto gráficamente representa una línea recta.

$$\frac{dP}{dT} = k_a \quad \Rightarrow \quad K = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} = \frac{P_1 - P_0}{m}$$

$$dP = k_a dT$$

m: periodo intercensal entre los censos P1 y P0

t1: año correspondiente al censo P1

t0: año correspondiente al censo P0

k: constante o tasa de crecimiento aritmético

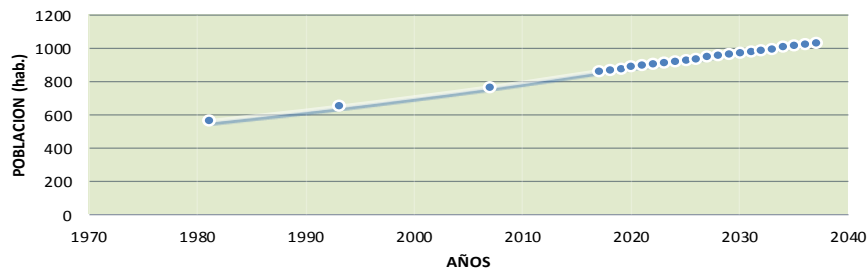
$$P = P_1 + n \left(\frac{P_1 - P_0}{m} \right)$$

Ecuación de la recta

p: población al final del periodo de diseño

n: periodo comprendido entre el último censo considerado y el último año del periodo de diseño

CRECIMIENTO LINEAL



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|
| K | 8.25 | 8.79 | 9.50 | 8.52 |
| 2018 | 869 | 870 | 871 | 870 |
| 2019 | 878 | 879 | 880 | 878 |
| 2020 | 886 | 887 | 890 | 887 |
| 2021 | 894 | 896 | 899 | 895 |
| 2022 | 902 | 905 | 909 | 904 |
| 2023 | 911 | 914 | 918 | 912 |
| 2024 | 919 | 923 | 928 | 921 |
| 2025 | 927 | 931 | 937 | 929 |
| 2026 | 935 | 940 | 947 | 938 |
| 2027 | 944 | 949 | 956 | 946 |
| 2028 | 952 | 958 | 966 | 955 |
| 2029 | 960 | 967 | 975 | 963 |
| 2030 | 968 | 975 | 985 | 972 |
| 2031 | 977 | 984 | 994 | 980 |
| 2032 | 985 | 993 | 1004 | 989 |
| 2033 | 993 | 1002 | 1013 | 997 |
| 2034 | 1001 | 1010 | 1023 | 1006 |
| 2035 | 1010 | 1019 | 1032 | 1014 |
| 2036 | 1018 | 1028 | 1042 | 1023 |
| 2037 | 1026 | 1037 | 1051 | 1031 |
| PROM. | 948 | 953 | 961 | 950 |

CUADRO N° 02: PROYECCIÓN PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 564 |
| 1993 | 650 |
| 2007 | 766 |
| 2017 | 861 |
| 2018 | 870 |
| 2019 | 878 |
| 2020 | 887 |
| 2021 | 895 |
| 2022 | 904 |
| 2023 | 912 |
| 2024 | 921 |
| 2025 | 929 |
| 2026 | 938 |
| 2027 | 946 |
| 2028 | 955 |
| 2029 | 963 |
| 2030 | 972 |
| 2031 | 980 |
| 2032 | 989 |
| 2033 | 997 |
| 2034 | 1006 |
| 2035 | 1014 |
| 2036 | 1023 |
| 2037 | 1031 |

2. METODO GEOMETRICO

Este método se puede usar para alguna poblaciones, en especial aquellas ciudades que no han alcanzado su desarrollo y crecen manteniendo un porcentaje uniforme obtenido en los periodos pasados. La representación grafica seria la de una curva de interés compuesto.

La ecuacion de este metodo es $\frac{dP}{dT} = rP \quad \frac{dP}{P} = r \cdot dT$

integrando y sacando logaritmo en ambos mienbros de la ecuacion queda $\ln P = \ln P_1 + Ln (1+r)$

se concluye que: $e^{n*r} = (1 + r)^n$

Luego: $P = P_1 (1 + r)^n$

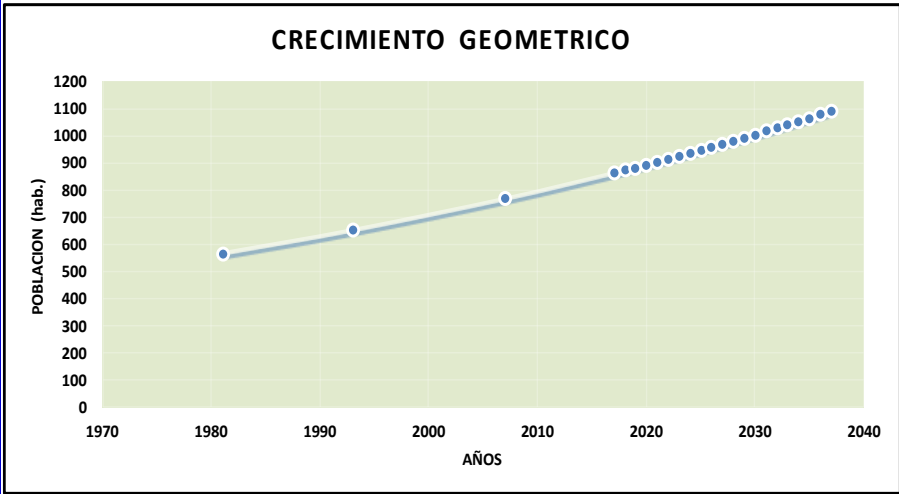
Donde:

P: población

r: constante de crecimiento geométrico

n: numero de años entre el último censo y el ultimo del periodo de diseño

t: tiempo



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------|-------------|-------------|-------------|--------|
| r | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.0118 |
| 2018 | 871 | 871 | 871 | 871 |
| 2019 | 881 | 881 | 881 | 881 |
| 2020 | 892 | 892 | 892 | 892 |
| 2021 | 902 | 902 | 902 | 902 |
| 2022 | 913 | 913 | 913 | 913 |
| 2023 | 924 | 924 | 924 | 924 |
| 2024 | 935 | 935 | 934 | 935 |
| 2025 | 946 | 946 | 945 | 946 |
| 2026 | 957 | 957 | 957 | 957 |
| 2027 | 968 | 968 | 968 | 968 |
| 2028 | 980 | 979 | 979 | 979 |
| 2029 | 991 | 991 | 991 | 991 |
| 2030 | 1003 | 1003 | 1002 | 1003 |
| 2031 | 1015 | 1014 | 1014 | 1015 |
| 2032 | 1027 | 1026 | 1026 | 1026 |
| 2033 | 1039 | 1038 | 1038 | 1039 |
| 2034 | 1051 | 1051 | 1050 | 1051 |
| 2035 | 1064 | 1063 | 1063 | 1063 |
| 2036 | 1076 | 1076 | 1075 | 1076 |
| 2037 | 1089 | 1088 | 1088 | 1088 |
| PROM. | 976 | 976 | 976 | 976 |

CUADRO N° 02: PROYECCIÓN PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 564 |
| 1993 | 650 |
| 2007 | 766 |
| 2017 | 861 |
| 2018 | 871 |
| 2019 | 881 |
| 2020 | 892 |
| 2021 | 902 |
| 2022 | 913 |
| 2023 | 924 |
| 2024 | 935 |
| 2025 | 946 |
| 2026 | 957 |
| 2027 | 968 |
| 2028 | 979 |
| 2029 | 991 |
| 2030 | 1003 |
| 2031 | 1015 |
| 2032 | 1026 |
| 2033 | 1039 |
| 2034 | 1051 |
| 2035 | 1063 |
| 2036 | 1076 |
| 2037 | 1088 |

3. METODO WAPPUS

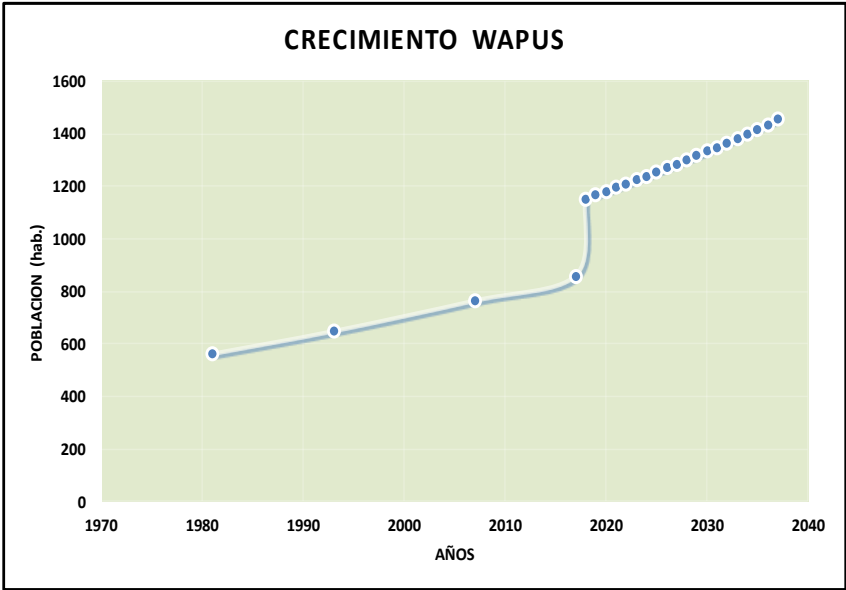
La ecuacion de proyeccion de poblacion por el metodo de wapus es:

$$P_f = P_i \left(\frac{200 + i(T_f - T_i)}{200 - i(T_f - T_i)} \right)$$

La tasa de crecimiento se calcula apartir de la expresion.

$$i = \frac{200 (P_u - P_i)}{(T_u - T_i) (P_u - P_i)}$$

Donde:
P: población
i: constante de crecimiento geométrico
t: numero de años entre el último censo y el ultimo del periodo de diseño



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|
| i | 1.16 | 1.16 | 1.17 | 1.16 |
| 2018 | 1330 | 1154 | 979 | 1155 |
| 2019 | 1347 | 1168 | 991 | 1168 |
| 2020 | 1363 | 1182 | 1002 | 1183 |
| 2021 | 1380 | 1196 | 1014 | 1197 |
| 2022 | 1397 | 1211 | 1026 | 1211 |
| 2023 | 1414 | 1225 | 1038 | 1226 |
| 2024 | 1432 | 1240 | 1051 | 1241 |
| 2025 | 1450 | 1255 | 1063 | 1256 |
| 2026 | 1468 | 1270 | 1076 | 1271 |
| 2027 | 1486 | 1286 | 1089 | 1287 |
| 2028 | 1505 | 1301 | 1102 | 1303 |
| 2029 | 1524 | 1317 | 1115 | 1319 |
| 2030 | 1543 | 1333 | 1128 | 1335 |
| 2031 | 1563 | 1350 | 1142 | 1351 |
| 2032 | 1582 | 1366 | 1155 | 1368 |
| 2033 | 1603 | 1383 | 1169 | 1385 |
| 2034 | 1623 | 1400 | 1183 | 1402 |
| 2035 | 1644 | 1418 | 1198 | 1420 |
| 2036 | 1665 | 1436 | 1212 | 1438 |
| 2037 | 1687 | 1454 | 1227 | 1456 |
| PROM. | 1500 | 1297 | 1098 | 1299 |

CUADRO N° 02: PROYECCIÓN PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 564 |
| 1993 | 650 |
| 2007 | 766 |
| 2017 | 861 |
| 2018 | 1155 |
| 2019 | 1168 |
| 2020 | 1183 |
| 2021 | 1197 |
| 2022 | 1211 |
| 2023 | 1226 |
| 2024 | 1241 |
| 2025 | 1256 |
| 2026 | 1271 |
| 2027 | 1287 |
| 2028 | 1303 |
| 2029 | 1319 |
| 2030 | 1335 |
| 2031 | 1351 |
| 2032 | 1368 |
| 2033 | 1385 |
| 2034 | 1402 |
| 2035 | 1420 |
| 2036 | 1438 |
| 2037 | 1456 |

4. CRECIMIENTO LOGARITMICO

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de las siguiente ecuación:

$$\frac{dP}{dT} = K_g P \qquad \frac{dP}{P} = K_g dT$$

integrando la ecuacion entre dos periodos de tiempo se tiene:

$$\ln P_2 - \ln P_1 = K_g (T_2 - T_1) \qquad K_g = \frac{\ln P_{CP} - \ln P_{CA}}{T_{CP} - T_{CA}}$$

Donde:

El índice cp corresponde al censo posterior y el sub índice ca al censo anterior. La aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, ya que al evaluar un Kg promedio se requiere de un mínimo de dos valores de kg.

$$\ln P + C = K_g T$$

$$C = -\ln P_{CI}$$

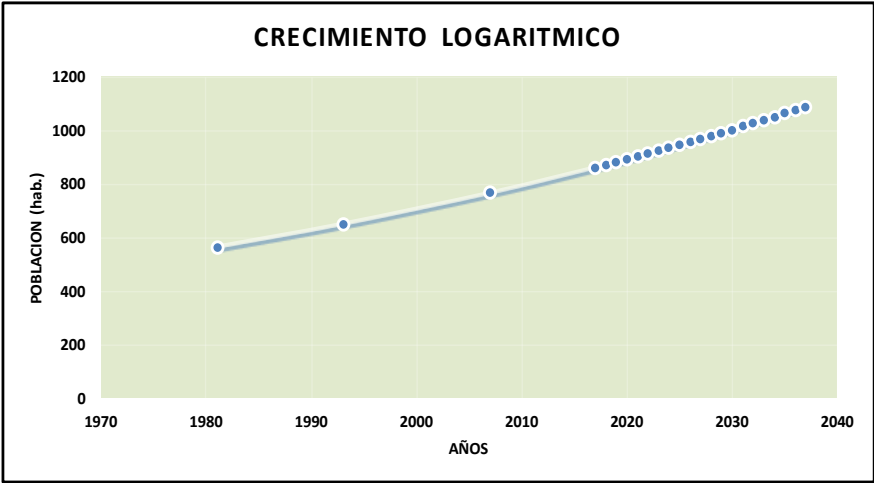
para T=0 P=Pci

reemplazando el valor de Kg se obtiene la ec. De proyeccion de poblacion:

$$\ln P_f = \ln P_a + K_g (T_f - T_{CI})$$

donde:

$$P_f = P_{CI} \cdot e^{K_g (T_f - T_{CI})}$$



CUADRO N° 01: ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| AÑO | 1981 - 2017 | 1993 - 2017 | 2007 - 2017 | PROM. |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|
| Kg | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 2018 | 874 | 870 | 869 | 871 |
| 2019 | 884 | 881 | 879 | 881 |
| 2020 | 895 | 891 | 890 | 892 |
| 2021 | 905 | 902 | 900 | 902 |
| 2022 | 916 | 912 | 911 | 913 |
| 2023 | 927 | 923 | 922 | 924 |
| 2024 | 938 | 934 | 932 | 935 |
| 2025 | 949 | 945 | 943 | 946 |
| 2026 | 960 | 956 | 954 | 957 |
| 2027 | 972 | 967 | 966 | 968 |
| 2028 | 983 | 979 | 977 | 980 |
| 2029 | 995 | 990 | 989 | 991 |
| 2030 | 1007 | 1002 | 1000 | 1003 |
| 2031 | 1019 | 1014 | 1012 | 1015 |
| 2032 | 1031 | 1026 | 1024 | 1027 |
| 2033 | 1043 | 1038 | 1036 | 1039 |
| 2034 | 1056 | 1050 | 1048 | 1051 |
| 2035 | 1068 | 1063 | 1060 | 1064 |
| 2036 | 1081 | 1075 | 1073 | 1076 |
| 2037 | 1094 | 1088 | 1085 | 1089 |
| PROM. | 980 | 975 | 974 | 976 |

CUADRO N° 02: PROYECCIÓN PROMEDIO

| AÑOS | POBL. |
|------|-------|
| 1981 | 564 |
| 1993 | 650 |
| 2007 | 766 |
| 2017 | 861 |
| 2018 | 871 |
| 2019 | 881 |
| 2020 | 892 |
| 2021 | 902 |
| 2022 | 913 |
| 2023 | 924 |
| 2024 | 935 |
| 2025 | 946 |
| 2026 | 957 |
| 2027 | 968 |
| 2028 | 980 |
| 2029 | 991 |
| 2030 | 1003 |
| 2031 | 1015 |
| 2032 | 1027 |
| 2033 | 1039 |
| 2034 | 1051 |
| 2035 | 1064 |
| 2036 | 1076 |
| 2037 | 1089 |

RESUMEN DE CALCULO DE LA POBLACION FUTURA DEL PROYECTO.

PROYECCION DE POBLACION

| AÑO | LINEAL | GEOMETRICO | LOGARITMICO | WAPPUS | PROMEDIO 1 | PROMEDIO 2 |
|------|--------|------------|-------------|--------|------------|------------|
| 1981 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 |
| 1993 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 |
| 2007 | 766 | 766 | 766 | 766 | 766 | 766 |
| 2017 | 861 | 861 | 861 | 861 | 861 | 861 |
| 2018 | 870 | 871 | 871 | 1155 | 871 | 942 |
| 2019 | 878 | 881 | 881 | 1168 | 880 | 952 |
| 2020 | 887 | 892 | 892 | 1183 | 890 | 963 |
| 2021 | 895 | 902 | 902 | 1197 | 900 | 974 |
| 2022 | 904 | 913 | 913 | 1211 | 910 | 985 |
| 2023 | 912 | 924 | 924 | 1226 | 920 | 996 |
| 2024 | 921 | 935 | 935 | 1241 | 930 | 1008 |
| 2025 | 929 | 946 | 946 | 1256 | 940 | 1019 |
| 2026 | 938 | 957 | 957 | 1271 | 950 | 1031 |
| 2027 | 946 | 968 | 968 | 1287 | 961 | 1042 |
| 2028 | 955 | 979 | 980 | 1303 | 971 | 1054 |
| 2029 | 963 | 991 | 991 | 1319 | 982 | 1066 |
| 2030 | 972 | 1003 | 1003 | 1335 | 992 | 1078 |
| 2031 | 980 | 1015 | 1015 | 1351 | 1003 | 1090 |
| 2032 | 989 | 1026 | 1027 | 1368 | 1014 | 1103 |
| 2033 | 997 | 1039 | 1039 | 1385 | 1025 | 1115 |
| 2034 | 1006 | 1051 | 1051 | 1402 | 1036 | 1128 |
| 2035 | 1014 | 1063 | 1064 | 1420 | 1047 | 1140 |
| 2036 | 1023 | 1076 | 1076 | 1438 | 1058 | 1153 |
| 2037 | 1031 | 1088 | 1089 | 1456 | 1070 | 1166 |

Resumen de Calculos de poblacion futura por diferentes metodos

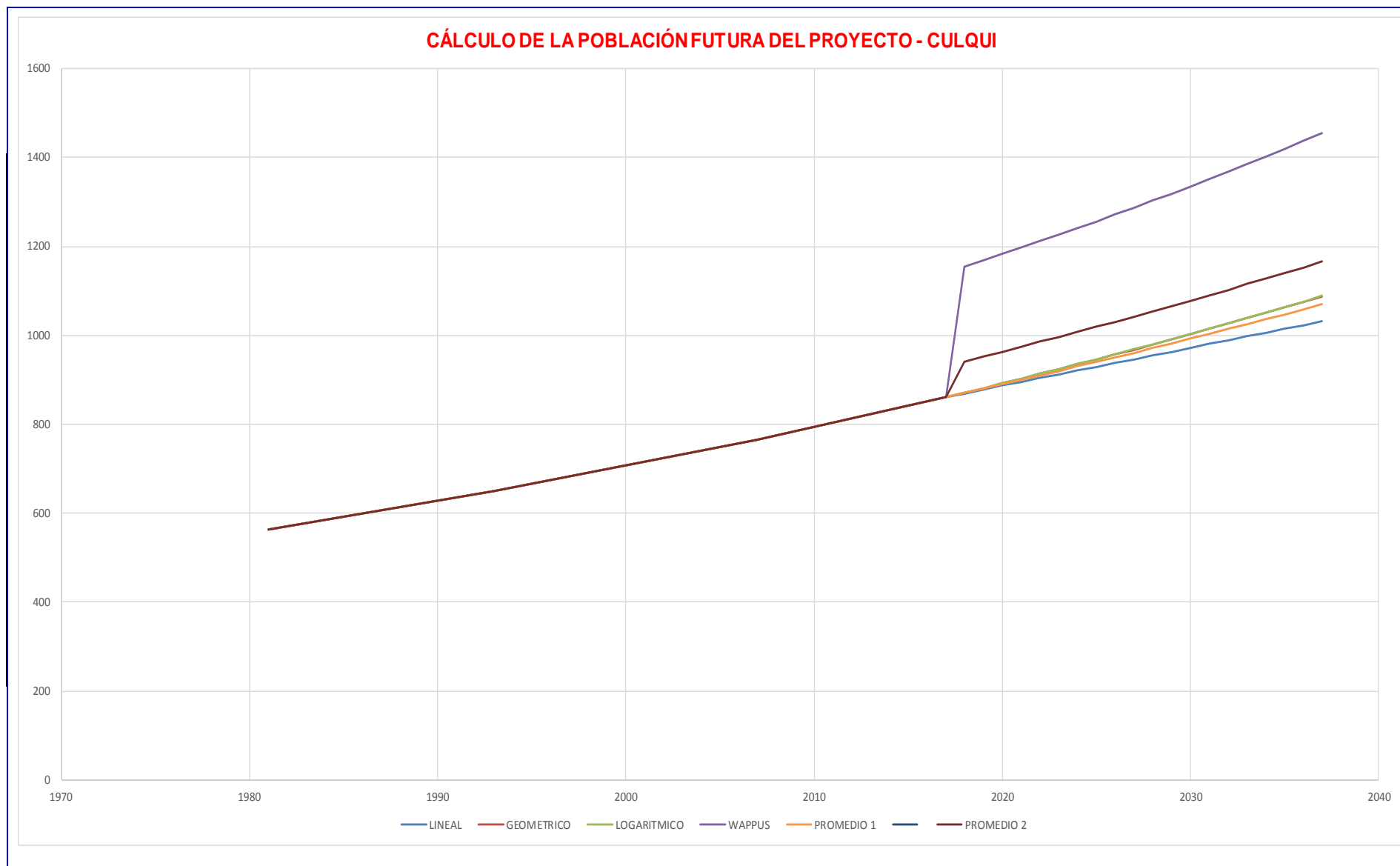
Excluimos este calculo dejando con el criterio de cada diseñador, de acuerdo al analisis del crecimiento de cada comunidad, de acuerdo al plano urbanistico y de expansión o ampliacion, tomando en cuenta las características de condiciones climaticas del lugar, topografia y condiciones socioeconomicas.

Escoja el metodo apropiado para su estudio

Calculo de poblacion futura

$$P_f = \frac{P_{lineal} + P_{geometrico} + P_{logaritmico}}{3}$$

Poblacion futura = 1070



ANEXO III.2

DOTACIÓN

DOTACIÓN

1.- Marco Teórico:

Es la cuota de agua o cifra representativa del consumo diario que corresponde a cada individuo de la población objeto del abasto.

Esta cantidad depende de varios factores los cuales tenemos: numero de pobladores, costumbres, carácter comercial o industrial, clima, etc.

La dotación se estima a base de un "estudio de consumo de agua para el ambito rural o urbano", teniendo en cuenta parametros; en caso de que no exista dicho estudio se deberan tomar las dotaciones proporcionada por RNE.

2.- Parametros

- Consumo Doméstico:

| Descripción | Dot. Estim. |
|---------------------------|-------------|
| Bebida, cocina y limpieza | 20 - 30 lt |
| Lavado de ropa | 10 - 15 lt |
| Inodoro por descarga | 10 - 15 lt |
| Baño de ducha | 20 - 40 lt |

Fuente: Abastecimiento de Agua y Alcantarillado - A. Regal

- Consumo Público:

| Descripción | Dot. Estim. |
|--|-------------|
| Mataderos, baños públicos y lugares públicos | 10 - 20 lt |

Fuente: Abastecimiento de Agua y Alcantarillado - A. Regal

- Perdidas Inevitables:

| Descripción | Dot. Estim. |
|--|----------------|
| Perdidas que se manifiestan en la red interna de las viviendas | 20% de consumo |

Fuente: Abastecimiento de Agua y Alcantarillado - A. Regal

- Desperdicios

| Descripción | Dot. Estim. |
|---|----------------|
| Incluye el agua desperdiciada por descuido del consumidor | 12% de consumo |

Fuente: Abastecimiento de Agua y Alcantarillado - A. Regal

3.- Resultados de selección de parámetros

- Consumo Doméstico:

| Descripción | Dot. Selec |
|---------------------------|------------|
| Bebida, cocina y limpieza | 25 |
| Lavado de ropa | 12.5 |
| Inodoro por descarga | 12.5 |
| Baño de ducha | 30 |
| Total | 80 |

- Consumo Público:

| Descripción | Dot. Selec |
|--|------------|
| Mataderos, baños públicos y lugares públicos | 15 |
| Total | 15 |

- Perdidas Inevitables:

| Descripción | Dot. Selec |
|--|------------|
| Perdidas que se manifiestan en la red interna de las viviendas | 19 |
| Total | 19 |

- Desperdicios

| Descripción | Dot. Selec |
|---|------------|
| Incluye el agua desperdiciada por descuido del consumidor | 9 |
| Total | 9 |

- TOTAL DE DOTACIÓN SELECCIONADA

| Descripción | Dot. Selec |
|--------------|------------|
| Total | 123 |

4.- Dotación según el RNE

*Dotación de agua según RNE (l/hab/d)
(Habilitaciones Urbanas)*

| Ítem | Criterio | Clima Templado | Clima Frio | Clima Cálido |
|------|---|----------------|------------|--------------|
| 1 | Sistema con conexiones | 220 | 180 | 220 |
| 2 | Lotes de área menor o igual a 90 m2 | 150 | 120 | 150 |
| 3 | Sistemas de abastecimiento por surtidores, camion cisterna o piletas públicas | 30 - 50 | 30 - 50 | 30 - 50 |

| Dotación de Agua según Guía MEF Ámbito Rural | | | | |
|--|----------------------------------|-------|--------|-------|
| Ítem | Criterio | Costa | Sierra | Selva |
| 1 | Letrinas sin arrastre hidraulico | 60 | 50 | 70 |
| 2 | Letrinas con arrastre hidraulico | 90 | 80 | 100 |
| 4.- Comparación y Resultados | | | | |
| Dotación según parametros | | 123 | | |
| Dotación según RNE | | 150 | | |
| DOTACIÓN SELECCIONADA | | 150 | | |

ANEXO III.3

CAUDALES DE DISEÑO

| DISEÑOS DE CAUDALES - CULQUI ALTO | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--|-----------------|-----------------------------|---------------|----------------|
| Datos básicos de diseño | | | | | | | | | |
| | | | | | Caudales Concentrados de Servicios Publicos | | | | |
| | | | | | Descripcion | Cant. | Dot. | Metrado | total |
| Dotacion | 150 | | | | Dotacion Parques= | | lts/dia/m2 | | 0.00 |
| Coef. Var. Diaria K1= | 1.3 | | | | Dotacion A. Depor.= | | lts/dia/esp. | | 0.00 |
| Coef. Var. Horaria K2= | 2 | | | | Dotacion Comercio.= | | lts/dia/m2 | | 0.00 |
| | | | | | Dotacion Grifo = | | lts/dia/surt. | | 0.00 |
| | | | | | Dotacion Serv. Comunal. | 40 | lts/dia/m2 | 45.00 | 0.02 |
| | | | | | Dotacion Serv. Salud | | lts/dia/m2 | | 0.00 |
| | | | | | Dotacion Educacion | 25 | lts/dia/alum | 9.00 | 0.00 |
| | | | | | Total considerando aportes concentrados de Serv. Pub. | | | | 0.02 |
| | | | | | | | | | |
| años del proyecto | Poblacion Proyectada | Demanda de Agua | | Perdidas de agua % | Produccion de Agua | | Caudales de diseño (lt/seg) | | |
| | | Anual (m³/año) | Diaria (lt/seg) | | Anual (m³/año) | Diaria (lt/seg) | Promedio | Maximo Diario | Maximo Horario |
| 0 | 203 | 11853.38 | 0.38 | 20 | 14816.72 | 0.47 | 0.47 | 0.61 | 0.94 |
| 1 | 205 | 11974.40 | 0.38 | 20 | 14968.00 | 0.47 | 0.47 | 0.62 | 0.95 |
| 2 | 208 | 12100.40 | 0.38 | 20 | 15125.50 | 0.48 | 0.48 | 0.62 | 0.96 |
| 3 | 210 | 12227.43 | 0.39 | 20 | 15284.29 | 0.48 | 0.48 | 0.63 | 0.97 |
| 4 | 212 | 12355.52 | 0.39 | 20 | 15444.40 | 0.49 | 0.49 | 0.64 | 0.98 |
| 5 | 215 | 12484.66 | 0.40 | 20 | 15605.83 | 0.49 | 0.49 | 0.64 | 0.99 |
| 6 | 217 | 12614.88 | 0.40 | 20 | 15768.60 | 0.50 | 0.50 | 0.65 | 1.00 |
| 7 | 219 | 12746.18 | 0.40 | 20 | 15932.73 | 0.51 | 0.51 | 0.66 | 1.01 |
| 8 | 222 | 12878.59 | 0.41 | 20 | 16098.23 | 0.51 | 0.51 | 0.66 | 1.02 |
| 9 | 224 | 13012.10 | 0.41 | 20 | 16265.12 | 0.52 | 0.52 | 0.67 | 1.03 |
| 10 | 227 | 13146.74 | 0.42 | 20 | 16433.42 | 0.52 | 0.52 | 0.68 | 1.04 |
| 11 | 229 | 13282.51 | 0.42 | 20 | 16603.14 | 0.53 | 0.53 | 0.68 | 1.05 |
| 12 | 232 | 13419.44 | 0.43 | 20 | 16774.30 | 0.53 | 0.53 | 0.69 | 1.06 |
| 13 | 234 | 13557.53 | 0.43 | 20 | 16946.92 | 0.54 | 0.54 | 0.70 | 1.07 |
| 14 | 237 | 13696.81 | 0.43 | 20 | 17121.01 | 0.54 | 0.54 | 0.71 | 1.09 |
| 15 | 239 | 13837.27 | 0.44 | 20 | 17296.59 | 0.55 | 0.55 | 0.71 | 1.10 |
| 16 | 242 | 13978.94 | 0.44 | 20 | 17473.67 | 0.55 | 0.55 | 0.72 | 1.11 |
| 17 | 244 | 14121.83 | 0.45 | 20 | 17652.29 | 0.56 | 0.56 | 0.73 | 1.12 |
| 18 | 247 | 14265.95 | 0.45 | 20 | 17832.44 | 0.57 | 0.57 | 0.74 | 1.13 |
| 19 | 250 | 14411.33 | 0.46 | 20 | 18014.16 | 0.57 | 0.57 | 0.74 | 1.14 |
| 20 | 252 | 14557.97 | 0.46 | 20 | 18197.46 | 0.58 | 0.58 | 0.75 | 1.15 |
| caudal de diseño considerando los aportes concentrados de servicios publicos | | | | | | | 0.58 | 0.75 | 1.15 |

| DISEÑOS DE CAUDALES - CULQUI | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|--|-----------------|-----------------------------|------------------|-------------------|
| Datos básicos de diseño | | | | | | | | | |
| | | | | | Caudales Concentrados de Servicios Publicos | | | | |
| | | | | | Descripcion | Cant. | Dot. | Metrado | total |
| Dotacion | 150 | | | | Dotacion Parques= | | lts/dia/m2 | | 0.00 |
| Coef. Var. Diaria K1= | 1.3 | | | | Dotacion A. Depor.= | | lts/dia/esp. | | 0.00 |
| Coef. Var. Horaria K2= | 2 | | | | Dotacion Comercio.= | | lts/dia/m2 | | 0.00 |
| | | | | | Dotacion Grifo = | | lts/dia/surt. | | 0.00 |
| | | | | | Dotacion Serv. Comunal. | 40 | lts/dia/m2 | 90.00 | 0.04 |
| | | | | | Dotacion Serv. Salud | | lts/dia/m2 | | 0.00 |
| | | | | | Dotacion Educacion | 25 | lts/dia/alum | 380.00 | 0.11 |
| | | | | | Total considerando aportes concentrados de Serv. Pub. | | | | 0.15 |
| años del proyecto | Poblacion Proyectada | Demanda de Agua | | Perdidas de agua % | Produccion de Agua | | Caudales de diseño (lt/seg) | | |
| | | Anual (m³/año) | Diaria (lt/seg) | | Anual (m³/año) | Diaria (lt/seg) | Promedio | Maximo Diario | Maximo Horario |
| 0 | 861 | 51921.25 | 1.65 | 20 | 64901.56 | 2.06 | 2.06 | 2.68 | 4.12 |
| 1 | 871 | 52468.75 | 1.66 | 20 | 65585.94 | 2.08 | 2.08 | 2.70 | 4.16 |
| 2 | 880 | 52961.50 | 1.68 | 20 | 66201.88 | 2.10 | 2.10 | 2.73 | 4.20 |
| 3 | 890 | 53509.00 | 1.70 | 20 | 66886.25 | 2.12 | 2.12 | 2.76 | 4.24 |
| 4 | 900 | 54056.50 | 1.71 | 20 | 67570.63 | 2.14 | 2.14 | 2.79 | 4.29 |
| 5 | 910 | 54604.00 | 1.73 | 20 | 68255.00 | 2.16 | 2.16 | 2.81 | 4.33 |
| 6 | 920 | 55151.50 | 1.75 | 20 | 68939.38 | 2.19 | 2.19 | 2.84 | 4.37 |
| 7 | 930 | 55699.00 | 1.77 | 20 | 69623.75 | 2.21 | 2.21 | 2.87 | 4.42 |
| 8 | 940 | 56246.50 | 1.78 | 20 | 70308.13 | 2.23 | 2.23 | 2.90 | 4.46 |
| 9 | 950 | 56794.00 | 1.80 | 20 | 70992.50 | 2.25 | 2.25 | 2.93 | 4.50 |
| 10 | 961 | 57396.25 | 1.82 | 20 | 71745.31 | 2.28 | 2.28 | 2.96 | 4.55 |
| 11 | 971 | 57943.75 | 1.84 | 20 | 72429.69 | 2.30 | 2.30 | 2.99 | 4.59 |
| 12 | 982 | 58546.00 | 1.86 | 20 | 73182.50 | 2.32 | 2.32 | 3.02 | 4.64 |
| 13 | 992 | 59093.50 | 1.87 | 20 | 73866.88 | 2.34 | 2.34 | 3.04 | 4.68 |
| 14 | 1003 | 59695.75 | 1.89 | 20 | 74619.69 | 2.37 | 2.37 | 3.08 | 4.73 |
| 15 | 1014 | 60298.00 | 1.91 | 20 | 75372.50 | 2.39 | 2.39 | 3.11 | 4.78 |
| 16 | 1025 | 60900.25 | 1.93 | 20 | 76125.31 | 2.41 | 2.41 | 3.14 | 4.83 |
| 17 | 1036 | 61502.50 | 1.95 | 20 | 76878.13 | 2.44 | 2.44 | 3.17 | 4.88 |
| 18 | 1047 | 62104.75 | 1.97 | 20 | 77630.94 | 2.46 | 2.46 | 3.20 | 4.92 |
| 19 | 1058 | 62707.00 | 1.99 | 20 | 78383.75 | 2.49 | 2.49 | 3.23 | 4.97 |
| 20 | 1070 | 63364.00 | 2.01 | 20 | 79205.00 | 2.51 | 2.51 | 3.27 | 5.02 |
| caudal de diseño considerando los aportes concentrados de servicios publicos | | | | | | | 2.51 | 3.27 | 5.02 |

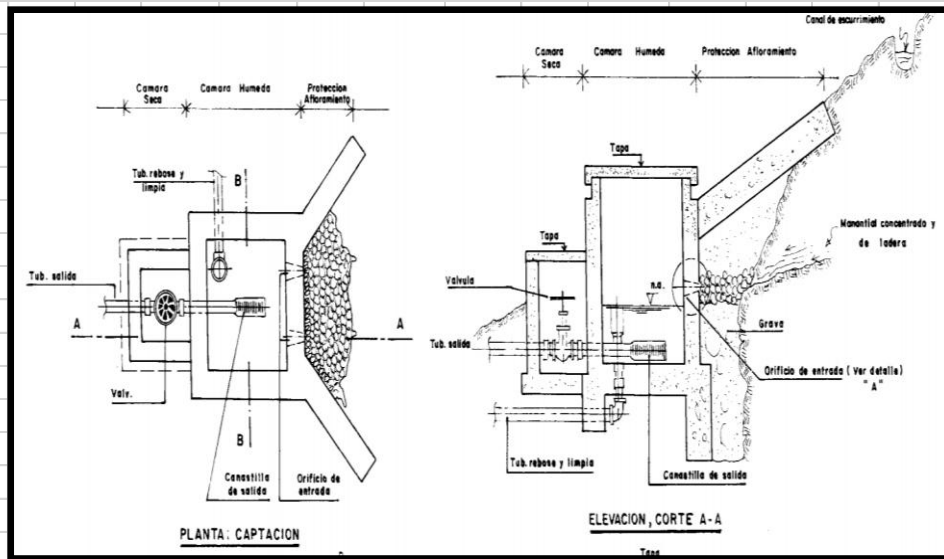
ANEXO IV

**DISEÑO HIDRAULICO DE LOS
COMPONENTES DEL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO**

ANEXO IV.1

CAPTACIONES

DISEÑO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO



1.- Caudales de diseño

Caudal aforado = 0.35 lps

2.- Calculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la camara humeda (L)

De la ecuacion el valor de la velocidad (v) es:

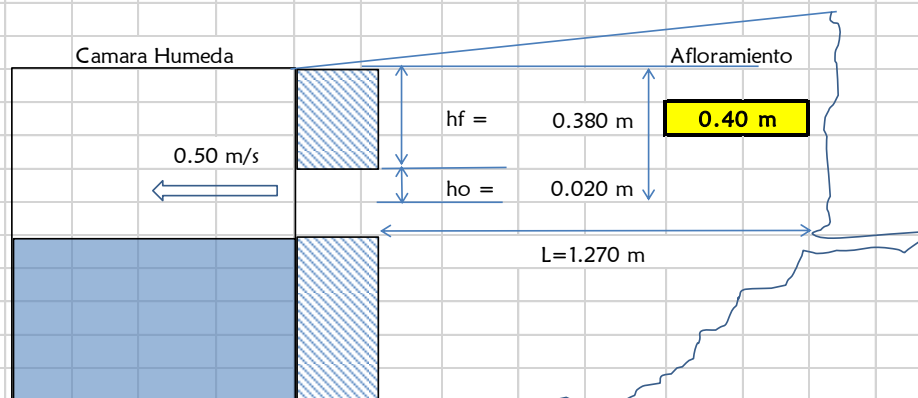
Datos:

ho = 0.020 m ingresar perdida ho

V = 0.50 m/s correcto

$$v = \left[\frac{2 \cdot g \cdot h}{1.56} \right]^{\frac{1}{2}}$$

ho es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de pase



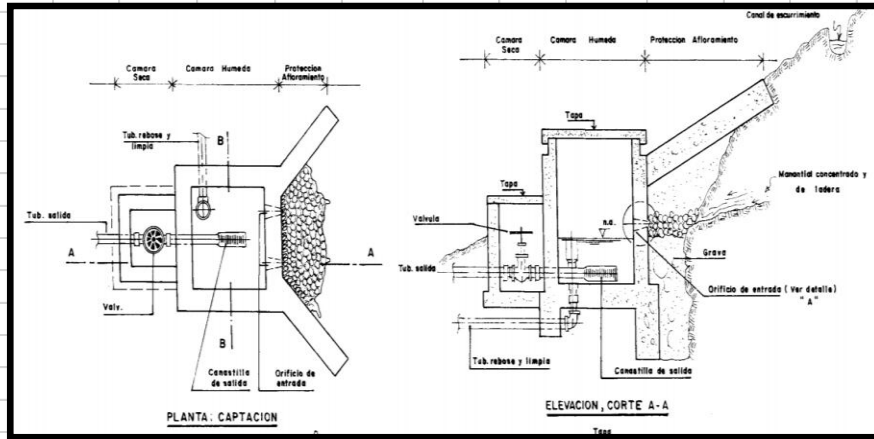
Perdida de Carga

$$hf = H - ho = 0.38 \text{ m}$$

Distancia entre afloramiento y camara humeda (L)

$$L = hf / 0.30 = 1.27 \text{ m}$$

3.- Ancho de la pantalla de Camara Humeda (b)



Calculo del Diametro de la Tuberia de Entrada (D)

$$A = \frac{Q_{max}}{Cd \cdot V}$$

| | | |
|---------------------|---|----------|
| Datos | | |
| Qmax | = | 0.35 lps |
| Velocidad (V) | = | 0.50 m/s |
| Coef. Descarga (Cd) | = | 0.80 |

Area Requerida= **0.00087 m2**

El diametro del Orificio sera definido mediante:

$$D = \left[\frac{4A}{\pi} \right]^{1/2}$$

| | | |
|--------------------|---|------------|
| Datos | | |
| Area Requerida (A) | = | 0.00087 m2 |

Diametro del Orificio= **3.33 cm**
1.1/4"

Se recomienda diametros menores o iguales a 2", si se obtuvieran diametros mayores sera necesario aumentar el numero de orificios (NA), siendo:

Calculo del Numero de orificios (NA) y Ancho de Pantalla

$$na = \frac{D_{calculado}^2}{D_{asumido}^2} + 1$$

| | |
|-----------|-----------|
| Dasumido= | 1" |
| Dasumido= | 2.54 |

Numero de Orificios

Na= **3**

Ancho de la pantalla = $2(6D) + NA D + 3D (NA - 1)$

Ap = **53.34 cm**

Ancho de la pantalla asumida = **0.60 m**

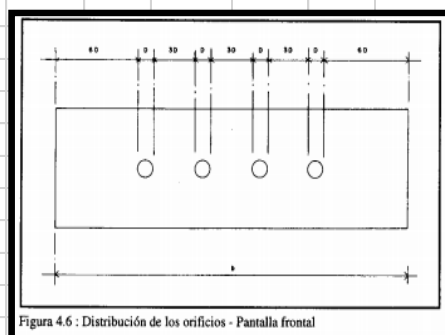


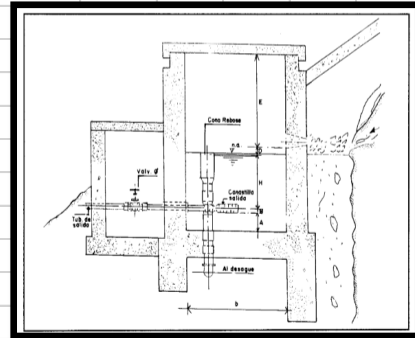
Figura 4.6 : Distribución de los orificios - Pantalla frontal

4.- Altura de la Camara Humeda

$$H_t = A + B + H + D + E$$

Donde:

- A: Se considera minimo 10 cm
 B: Se considera mitad del Diametro Canastilla
 H: Altura de Agua
 D: Desnivel minimo Ingreso y nivel de agua min. 3 cm
 E: Borde libre (de 10 a 30 cms)

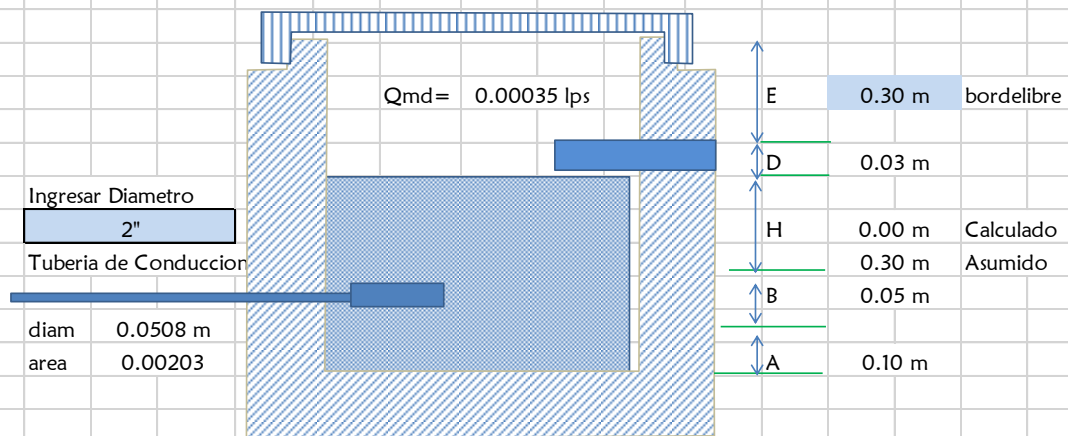


Altura de Agua o Carga requerida se determina por:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g} = 1.56 \frac{Q_{md}^2}{2 \cdot g \cdot A^2}$$

donde:

- H: Carga Requerida (minimo 0.30 m)
 V: Velocidad promedio en la salida de tubería de conducción m/s
 g: Aceleración de la gravedad 9.81 m/s
 Q_{md}: Gasto máximo diario en m³/s
 A: Área de tubería de salida en m²



Altura de la Cámara = 0.78 m

Altura de la Cámara asumida = 0.80 m

5.- Cálculo del volumen almacenado

Donde:

$$V_a = Q_{máxd} \cdot tr$$

V_a : Volumen almacenado.

Q_{máxd} : Caudal máximo diario.

Q_{máxd} : 0.35 lt/seg

tr : Tiempo de retención (3-5 minutos).

tr : 5 min

tr : 300 seg

V_a = 105.00 l

V_a = 0.11 m³

Por lo datos Calculados anteriormente

La longitudes asumidas para la captación son las siguientes

H = 0.40 m

b = 0.60 m

L = 0.44 m

H = 0.40 m

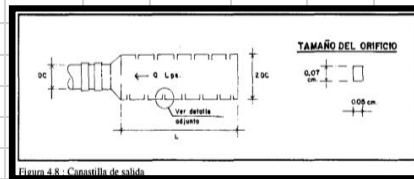
b = 1.20 m

L = 1.00 m

Volumen Asumido 0.48 m³ > 0.11 m³ Ok!

6.- Dimensionamiento de la Canastilla

Para dimensionar el diametro de la canastilla se considerar que debe ser 2 veces el diametro de la tubería de salida a la línea de conducción (Dc), el área total de ranuras (At) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3Dc y menor a 6Dc.



| | | | | |
|---------------------------------|-------------|---|----------|-----------------------|
| Diametro de Canastilla: | 0.1016 m | | | |
| Longitud de la Canastilla: | 0.1524 m | a | 0.3048 m | se toma 0.30 m |
| Area Total de Ranuras: | 0.0041 m | | | |
| Area lateral de la Canastilla: | 0.0152 m | ok area total de ranuras mayor al 50% del area lateral de canastilla) | | |
| Area de ranura 0.007 x 0.005 m: | 0.0000350 m | | | |
| Numero de ranuras: | 116 | | | |

7.- Rebose y Limpieza

El rebose se instala directamente a la tubería de limpia y para realizar la limpieza y evacuar el agua de la camara humeda, se levanta la tubería de rebose. La tubería de rebose y limpia tienen el mismo diametro y se calcula mediante:

$$D = \frac{0.71 \times Q_{max}^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

D= Diametro en pulgadas

Q= Gasto maximo de la fuente 0.35 lps

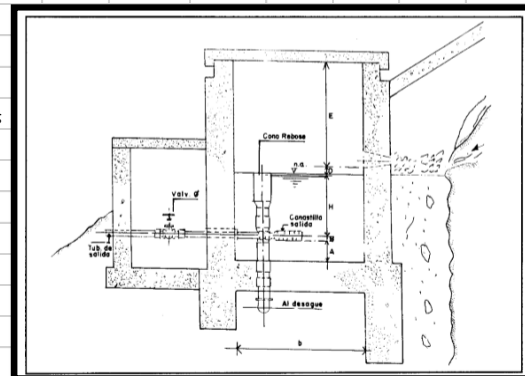
Hf= Perdida de carga unitaria (0.015m/m)

Resultando:

D= **1 plg**

Cono de Rebose

Dcono= **2 plg**



8.- Diseño de material filtrante

La determinación de los diámetros para el suelo obtenido en cada estrato son obtenidos en el laboratorio mediante un "Análisis Granulométrico":

d15 = **0.002 mm**

d85 = **0.350 mm**

Calculo de los diámetros de los Estratos del filtro

FILTRO I

$$\frac{D15 \text{ Filtro I}}{D85 \text{ Suelo}} \leq 4$$

$$D15 \text{ Filtro I} = 4 \times D85 \text{ Suelo} = \mathbf{1.40 \text{ mm}}$$

Se utilizará como material de Filtro I, Arena Gruesa de (1.0 - 2.0 mm)

FILTRO II

$$\frac{D15 \text{ Filtro II}}{D15 \text{ Filtro I}} \geq 5$$

$$D15 \text{ Filtro II} = 5 \times D15 \text{ Filtro I} = 7.00 \text{ mm}$$

Se utilizará como material de Filtro II, Grava Media de (5 - 30 mm)

FILTRO III

$$\frac{D15 \text{ Filtro III}}{D15 \text{ Filtro II}} \geq 5$$

$$D15 \text{ Filtro III} = 5 \times D15 \text{ Filtro II} = 35.00 \text{ mm}$$

Se utilizará como material de Filtro III, Grava Gruesa de (30 - 70 mm)

Por Ley de Darcy para flujos laminares tenemos:

$$Q_{aforo} = K * A * i$$

$$L = \frac{\Delta h}{i} = \frac{h_1 - h_2}{i}$$

Donde:

Q : Caudal de afloramiento del manantial.

K : Coeficiente de permeabilidad (m/seg).

A : Área de la sección transversal del filtro.

i : Gradiente hidráulico.

h1, h2 : Pérdida de energía sufrida por el flujo en el desplazamiento L.

L : Longitud total del filtro.

Ahora en función de los diferentes coeficientes de permeabilidad podremos seguir con el diseño.

Coeficientes de Permeabilidad (K)

| FILTRO | K (cm/s) | K (Asumido) |
|--------|---|---------------|
| I | 1x10 ⁻² a 3x10 ⁻¹ | 0.50 cm/seg |
| II | 1 - 100 | 10.00 cm/seg |
| III | >100 | 100.00 cm/seg |

Dimensionamientos de los estratos de los filtros

Por razones prácticas de construcción consideraremos los siguientes espesores:

$$b1 = 0.38 \text{ m} \quad (\text{Arena Gruesa})$$

$$b2 = 0.38 \text{ m} \quad (\text{Grava Media})$$

$$b3 = 0.51 \text{ m} \quad (\text{Grava Gruesa})$$

$$\text{Luego: } L = 1.27 \text{ m}$$

Consideraremos que el gradiente hidráulico es igual a la pendiente del terreno

Entonces:

$$i = 22\%$$

Cálculo de la Permeabilidad promedio

Como la dirección del flujo es perpendicular a los estratos, utilizamos la siguiente fórmula para hallar la permeabilidad total.

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{L} \sum \frac{bc}{K_c}$$

Donde:

K_v : Permeabilidad total (cm/seg).

L : Ancho total (cm).

bc : Ancho de cada estrato (cm).

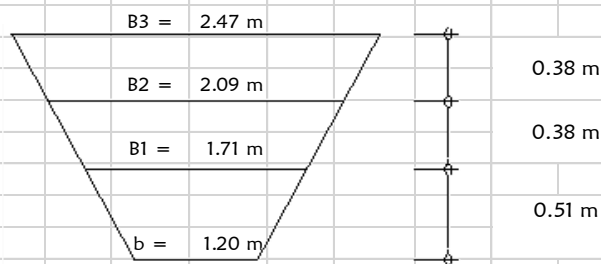
K_c : Permeabilidad de cada estrato (cm/seg).

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{127} \left(\frac{38.0}{0.50} + \frac{38.0}{10} + \frac{50.7}{100} \right) = 0.63400 \text{ cm/seg}$$

$$K_v = 1.5773 \text{ cm/seg}$$

$$K_v = 0.0158 \text{ m/seg}$$

Chequeo para cada estrato (verificar $i < 30\%$)



Profundidad Asumida : 0.75 m

$$i = \frac{Q_{\text{aforo}}}{A * K}$$

K_v : m/seg

A : m^2

Q : m^3/seg

ESTRATO I

$$A = 1.708 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.35 \text{ lps}$$

$$i = 0.0004 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

ESTRATO II

$$A = 1.423 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.35 \text{ lps}$$

$$i = 0.000025 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

ESTRATO III

$$A = 1.090 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.35 \text{ lps}$$

$$i = 0.0000032 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

Podemos afirmar que no existe tubificación en ningún estrato

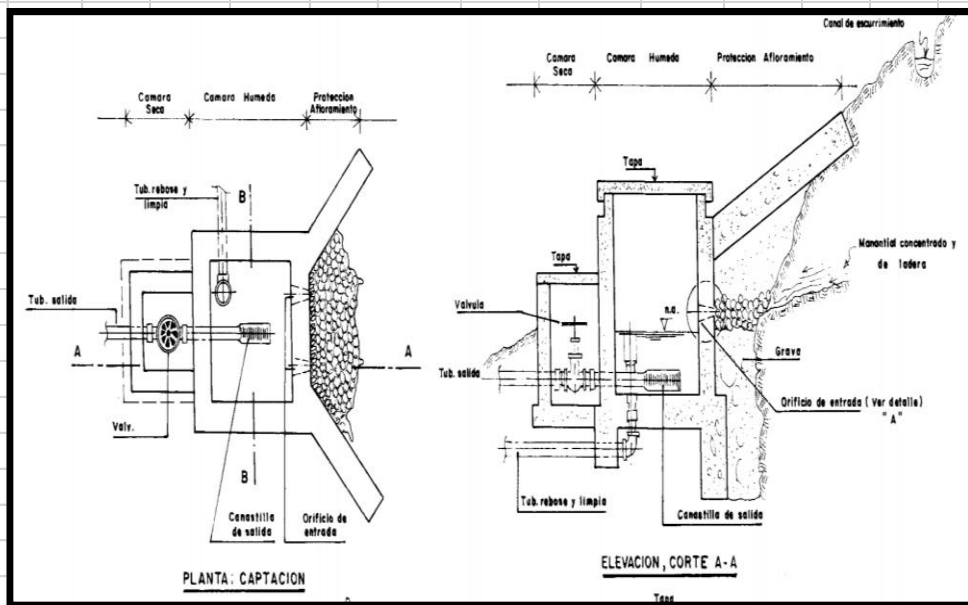
Chequeo para toda la estratificación (verificar $i < 30\%$)

$$A = 1.38 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.35 \text{ lps}$$

$$i = 0.0161 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

DISEÑO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO



1.- Caudales de diseño

Caudal aforado

=

0.45 lps

2.- Calculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la camara humeda (L)

De la ecuacion el valor de la velocidad (v) es:

Datos:

ho = 0.020 m

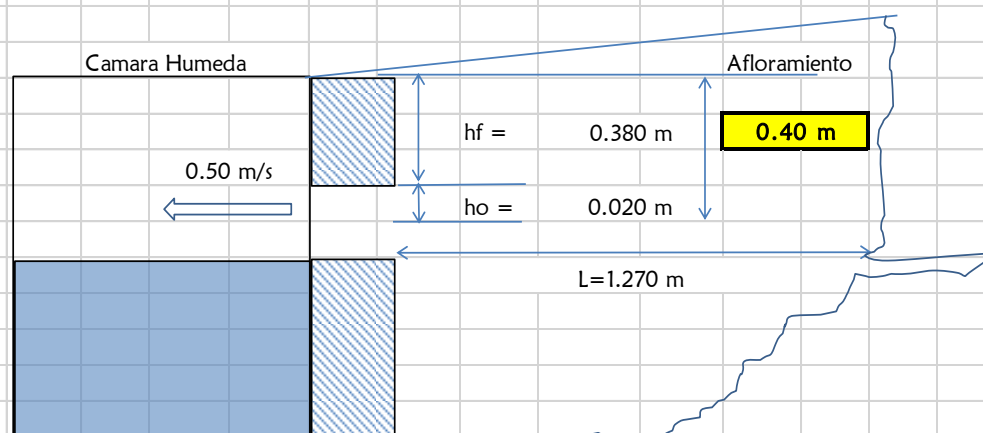
ingresar perdida ho

V = 0.50 m/s

correcto

$$v = \left[\frac{2 \cdot g \cdot h}{1.56} \right]^{\frac{1}{2}}$$

ho es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de pase



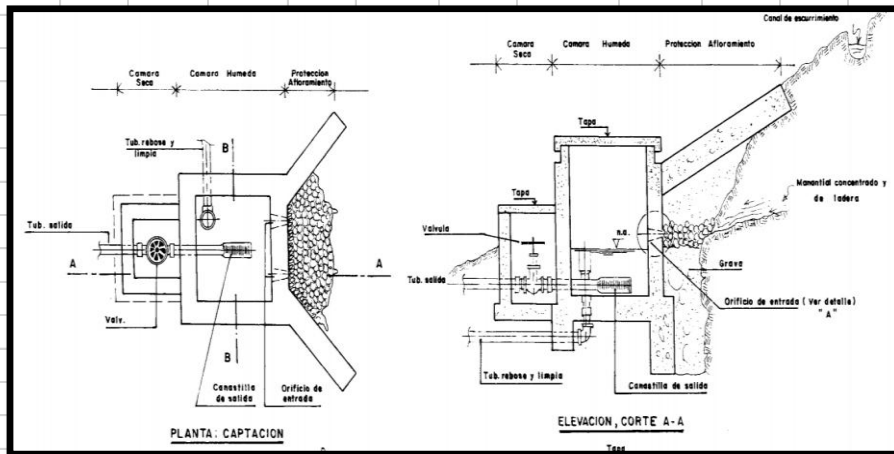
Perdida de Carga

$$hf = H - ho = 0.38 \text{ m}$$

Distancia entre afloramiento y camara humeda (L)

$$L = hf / 0.30 = 1.27 \text{ m}$$

3.- Ancho de la pantalla de Camara Humeda (b)



Calculo del Diametro de la Tuberia de Entrada (D)

$$A = \frac{Q_{max}}{Cd \cdot V}$$

| | |
|---------------------|------------|
| Datos | |
| Qmax | = 0.45 lps |
| Velocidad (V) | = 0.50 m/s |
| Coef. Descarga (Cd) | = 0.80 |

Area Requerida= **0.00112 m2**

El diametro del Orificio sera definido mediante:

$$D = \left[\frac{4A}{\pi} \right]^{1/2}$$

| | |
|--------------------|--------------|
| Datos | |
| Area Requerida (A) | = 0.00112 m2 |

Diametro del Orificio= **3.78 cm**

1.1/4"

Se recomienda diámetros menores o iguales a 2", si se obtuvieran diámetros mayores sera necesario aumentar el numero de orificios (NA), siendo:

Calculo del Numero de orificios (NA) y Ancho de Pantalla

$$na = \frac{D_{calculado}^2}{D_{asumido}^2} + 1$$

| | |
|-----------|-----------|
| Dasumido= | 1" |
| Dasumido= | 2.54 |

Numero de Orificios

Na= **3**

Ancho de la pantalla = $2(6D) + NA D + 3D (NA - 1)$

Ap = **53.34 cm**

Ancho de la pantalla asumida = **0.60 m**

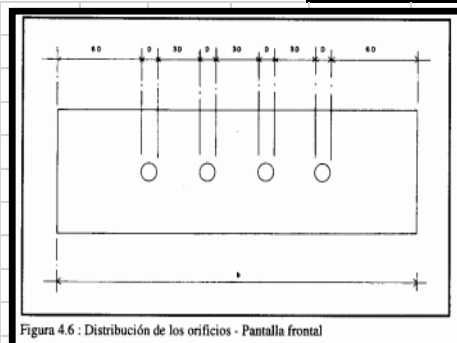
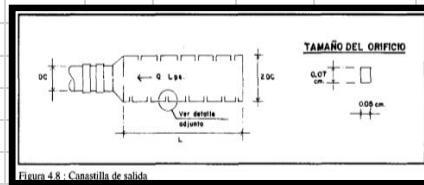


Figura 4.6 : Distribución de los orificios - Pantalla frontal

6.- Dimensionamiento de la Canastilla

Para dimensionar el diametro de la canastilla se considerar que debe ser 2 veces el diametro de la tubería de salida a la línea de conducción (Dc), el área total de ranuras (At) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3Dc y menor a 6Dc.



| | | | | |
|---------------------------------|-------------|---|----------|---|
| Diametro de Canastilla: | 0.1016 m | | | |
| Longitud de la Canastilla: | 0.1524 m | a | 0.3048 m | se toma 0.30 m |
| Area Total de Ranuras: | 0.0041 m | | | |
| Area lateral de la Canastilla: | 0.0152 m | | | ok area total de ranuras mayor al 50% del area lateral de canastilla) |
| Area de ranura 0.007 x 0.005 m: | 0.0000350 m | | | |
| Numero de ranuras: | 116 | | | |

7.- Rebose y Limpieza

El rebose se instala directamente a la tubería de limpia y para realizar la limpieza y evacuar el agua de la cámara húmeda, se levanta la tubería de rebose. La tubería de rebose y limpia tienen el mismo diámetro y se calcula mediante:

$$D = \frac{0.71 \times Q_{max}^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

D= Diametro en pulgadas

Q= Gasto maximo de la fuente 0.45 lps

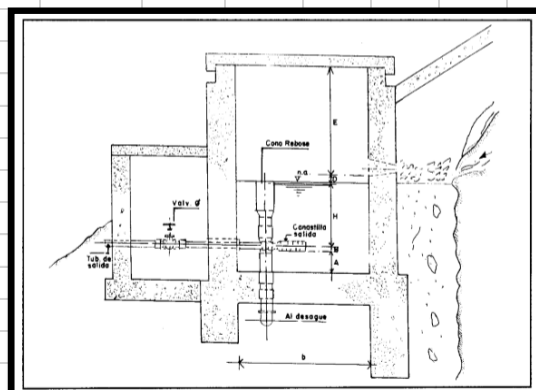
Hf= Perdida de carga unitaria (0.015m/m)

Resultando:

D= **1 plg**

Cono de Rebose

Dcono= **3 plg**



8.- Diseño de material filtrante

La determinación de los diámetros para el suelo obtenidos en cada estrato son obtenidos en el laboratorio mediante un "Análisis Granulométrico":

d15 = **0.002 mm**

d85 = **0.350 mm**

Calculo de los diámetros de los Estratos del filtro

FILTRO I

$$\frac{D15 \text{ Filtro I}}{D85 \text{ Suelo}} \leq 4$$

$$D15 \text{ Filtro I} = 4 \times D85 \text{ Suelo} = \mathbf{1.40 \text{ mm}}$$

Se utilizará como material de Filtro I, Arena Gruesa de (1.0 - 2.0 mm)

FILTRO II

$$\frac{D15 \text{ Filtro II}}{D15 \text{ Filtro I}} \geq 5$$

$$D15 \text{ Filtro II} = 5 \times D15 \text{ Filtro I} = \boxed{7.00 \text{ mm}}$$

Se utilizará como material de Filtro II, Grava Media de (5 - 30 mm)

FILTRO III

$$\frac{D15 \text{ Filtro III}}{D15 \text{ Filtro II}} \geq 5$$

$$D15 \text{ Filtro III} = 5 \times D15 \text{ Filtro II} = \boxed{35.00 \text{ mm}}$$

Se utilizará como material de Filtro III, Grava Gruesa de (30 - 70 mm)

Por Ley de Darcy para flujos laminares tenemos:

$$Q_{aforo} = K * A * i$$

$$L = \frac{\Delta h}{i} = \frac{h_1 - h_2}{i}$$

Donde:

Q : Caudal de afloramiento del manantial.

K : Coeficiente de permeabilidad (m/seg).

A : Área de la sección transversal del filtro.

i : Gradiente hidráulico.

h1, h2 : Pérdida de energía sufrida por el flujo en el desplazamiento L.

L : Longitud total del filtro.

Ahora en función de los diferentes coeficientes de permeabilidad podremos seguir con el diseño.

Coeficientes de Permeabilidad (K)

| FILTRO | K (cm/s) | K (Asumido) |
|--------|---|---------------|
| I | 1x10 ⁻² a 3x10 ⁻¹ | 0.50 cm/seg |
| II | 1 - 100 | 10.00 cm/seg |
| III | >100 | 100.00 cm/seg |

Dimensionamientos de los estratos de los filtros

Por razones prácticas de construcción consideraremos los siguientes espesores:

| | | |
|------|--------|----------------|
| b1 = | 0.38 m | (Arena Gruesa) |
| b2 = | 0.38 m | (Grava Media) |
| b3 = | 0.51 m | (Grava Gruesa) |

Luego: $L = 1.27 \text{ m}$

Consideraremos que el gradiente hidráulico es igual a la pendiente del terreno

Entonces:

$$i = \boxed{22\%}$$

Cálculo de la Permeabilidad promedio

Como la dirección del flujo es perpendicular a los estratos, utilizamos la siguiente fórmula para hallar la permeabilidad total.

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{L} \sum \frac{bc}{K_c}$$

Donde:

K_v : Permeabilidad total (cm/seg).

L : Ancho total (cm).

bc : Ancho de cada estrato (cm).

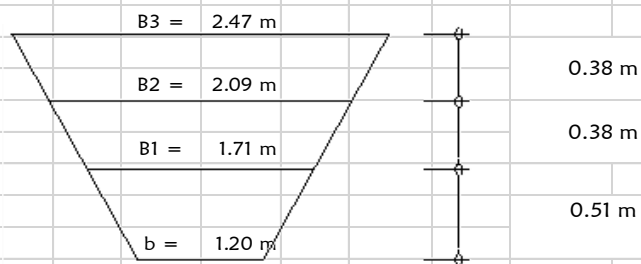
K_c : Permeabilidad de cada estrato (cm/seg).

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{127} \left(\frac{38.0}{0.50} + \frac{38.0}{10} + \frac{50.7}{100} \right) = 0.63400 \text{ cm/seg}$$

$$K_v = 1.5773 \text{ cm/seg}$$

$$K_v = 0.0158 \text{ m/seg}$$

Chequeo para cada estrato (verificar $i < 30\%$)



Profundidad Asumida : 0.75 m

$$i = \frac{Q_{\text{aforo}}}{A * K}$$

K_v : m/seg

A : m²

Q : m³/seg

ESTRATO I

$$A = 1.708 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.45 \text{ lps}$$

$$i = 0.0005 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

ESTRATO II

$$A = 1.423 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.45 \text{ lps}$$

$$i = 0.000032 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

ESTRATO III

$$A = 1.090 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.45 \text{ lps}$$

$$i = 0.0000041 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

Podemos afirmar que no existe tubificación en ningún estrato

Chequeo para toda la estratificación (verificar $i < 30\%$)

$$A = 1.38 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.45 \text{ lps}$$

$$i = 0.0207 < 0.3 \quad \text{Ok!}$$

[illegible]

$$Q_{\text{capaz de atravesar}} = Q_f = Kv * Ap * i$$

Donde:

Kv : m/seg

| |
|---------|
| Ap : m2 |
|---------|

| | |
|---|-------|
| i | : 22% |
|---|-------|

| | |
|------|-----------------------------------|
| Qf = | $0.0158 \times 1.375 \times 0.22$ |
|------|-----------------------------------|

| | |
|------|-----------------|
| Qf = | 0.004780 m3/seg |
|------|-----------------|

| | |
|------|-----------|
| Qf = | 4.780 lps |
|------|-----------|

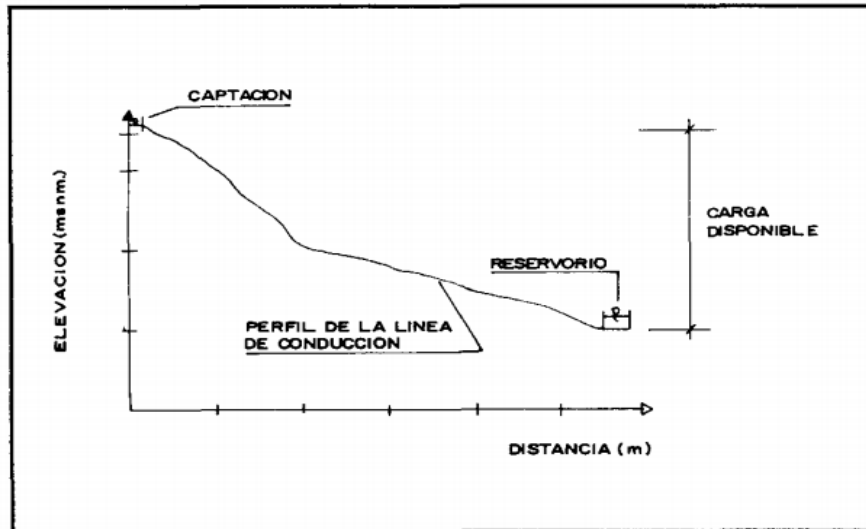
| | | |
|---------|---|----|
| Q aforo | < | Qf |
|---------|---|----|

| | | | | |
|----------|---|----------|--|-----|
| 0.45 lps | < | 4.78 lps | | Ok! |
|----------|---|----------|--|-----|

ANEXO IV.2

LINEA DE CONDUCCIÓN

DISEÑO HIDRÁULICO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN



1.- Identificación del tramo

Línea de conducción 01 : Captación Potrancas - Cámara de Reunión

Captación Potrancas : 609589.16 E 9485193.66 N

2.- Longitud del tramo

Tramo 01 : 363.10 m

3.- Caudal de diseño

Caudal maximo diario = 0.35 lps

4.- Cota inicial del terreno

Cota inicial : 804.09 m.s.n.m

5.- Cota final del terreno

Cota final : 700.36 m.s.n.m

6.- Perdida de carga

$$H_f = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

Hf : 103.73 m

8.- Perdida de carga unitaria deseada

$$h_f = \frac{\text{Perdida de carga deseada}}{\text{Longitud del tramo}}$$

hf : 0.286 m/m

9.- Diametro de tuberia requerida

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Donde :

D : Diámetro de la tuberia (m)
 Q : Caudal en (m³/s)
 C : Coeficiente de Hazen - Williams C = 150
 hf : Perdida de Carga Unitaria (m/m)

$$D = \left[\frac{0.00035}{0.2785 \times 150 \times 0.29^{0.54}} \right]^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.015 \text{ m}$$

$$D = 0.60 \text{ plg}$$

$$D_{\text{seleccionado}} = 1.50 \text{ plg}$$

$$D_{\text{nominal}} = 48.00 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor} = 1.80 \text{ mm}$$

$$D_{\text{interno}} = 44.40 \text{ mm}$$

10.- Velocidad del flujo

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = 0.23 \text{ m/s} \quad \text{OK!} \quad 0.26$$

11.- Perdida de Carga Unitaria para la tuberia seleccionada

0.67

$$h_f = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

Donde :

D : Diámetro de la tuberia (m)
 Q : Caudal en (m³/s)
 C : Coeficiente de Hazen - Williams C = 150
 hf : Perdida de Carga Unitaria (m/m)

$$h_f = \left[\frac{0.00035}{0.2785 \times 150 \times 0.04^{2.63}} \right]^{\frac{1}{2.63}}$$

$$J = 0.002 \text{ m/m}$$

12.- Perdida de Carga en la tuberia seleccionada

$$H_f = h_f \times L_{\text{tramo}}$$

Donde :

hf : Perdida de carga unitaria (m/m)

Ltramo : Longitud del tramo (m)

$$H_f = 0.5574 \text{ m}$$

13.- Cálculo de pérdida de energía por accesorios

$$h_m = 0.25 x \frac{v^2}{2g} x \sum \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

Codos 11.25° = 3

Codos 22.50° = 3

Codos 45° = 0

Codos 90° = 0

$$h_m = 0.002 \text{ m}$$

Pérdidas por válvulas de control

$$h_m = 0.2 x \frac{v^2}{2g}$$

Válvula compuerta = 1

$$h_m = 0.0005209 \text{ m}$$

Pérdidas por entrada normal al tubo 2"

$$h_m = 0.5 x \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 0.001302 \text{ m}$$

Pérdidas por salida 2"

$$h_m = 1.0 x \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 0.003 \text{ m}$$

Pérdidas totales

$$h_m = 0.00609 \text{ m}$$

14.- Comprobación del diámetro de la tubería incluyendo las pérdidas de accesorios

Carga hidráulica disponible = 103.17 m

Longitud de la tubería = 363.100 m

Pérdida de carga unitaria = 0.284 m/m

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 x C x h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.015 \text{ m}$$

$$D = 0.60 \text{ plg}$$

15.- Cotas de la línea piezométrica

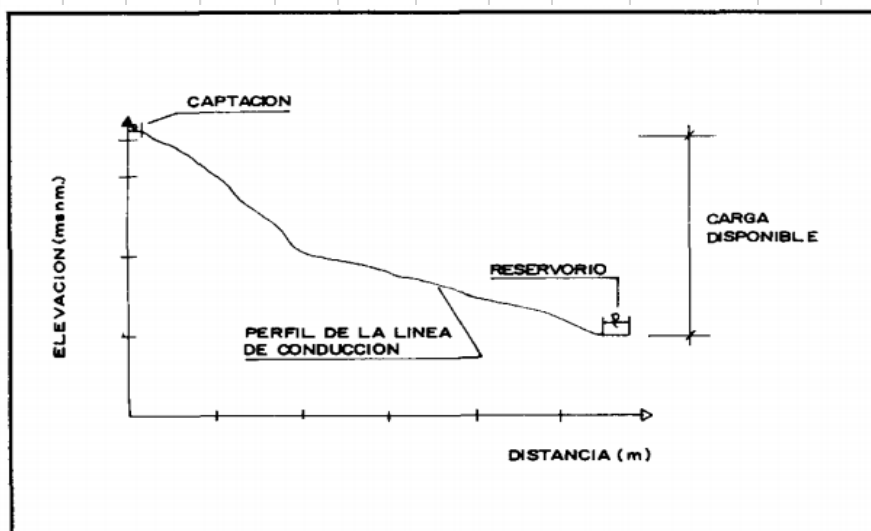
Cota piezométrica inicial : 804.09

Cota piezométrica final : 803.53

Cota del terreno : 700.36

Presión residual : 103.17 m

DISEÑO HIDRÁULICO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN



1.- Identificación del tramo

Tramo 01 : Captación Masas - Cámara de Reunión

Captación Potrancas : 609987.04 E 9485013.11 N

2.- Longitud del tramo

Tramo 01 : 530.71 m

3.- Caudal de diseño

Caudal maximo diario = 0.45 lps

4.- Cota inicial del terreno

Cota inicial : 780.14 m.s.n.m

5.- Cota final del terreno

Cota final : 700.36 m.s.n.m

6.- Perdida de carga

$$H_f = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

Hf : 79.78 m

7.- Perdida de carga unitaria deseada

$$h_f = \frac{\text{Perdida de carga deseada}}{\text{Longitud del tramo}}$$

hf : 0.150 m/m

8.- Diametro de tuberia requerida

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Donde :

D : Diámetro de la tuberia (m)
 Q : Caudal en (m³/s)
 C : Coeficiente de Hazen - Williams C = 150
 hf : Perdida de Carga Unitaria (m/m)

$$D = \left(\frac{0.00045}{0.2785 \times 150 \times 0.15^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.019 \text{ m}$$

$$D = 0.75 \text{ plg}$$

$$D_{\text{seleccionado}} = 1.50 \text{ plg}$$

$$D_{\text{nominal}} = 48.00 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor} = 1.80 \text{ mm}$$

$$D_{\text{interno}} = 44.40 \text{ mm}$$

9.- Velocidad del flujo

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = 0.29 \text{ m/s} \quad \text{OK!}$$

10.- Perdida de Carga Unitaria para la tuberia seleccionada

$$h_f = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

Donde :

D : Diámetro de la tuberia (m)
 Q : Caudal en (m³/s)
 C : Coeficiente de Hazen - Williams C = 150
 hf : Perdida de Carga Unitaria (m/m)

$$h_f = \left(\frac{0.00045}{0.2785 \times 150 \times 0.04^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

$$J = 0.002 \text{ m/m}$$

11.- Perdida de Carga en la tuberia seleccionada

$$H_f = h_f \times L_{\text{tramo}}$$

Donde :

hf : Perdida de carga unitaria (m/m)
 Ltramo : Longitud del tramo (m)

$$H_f = 1.2976 \text{ m}$$

12.- Calculo de perdida de energía por accesorios

$$h_m = 0.25 x \frac{v^2}{2g} x \sum \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

Codos 11.25° = 3

Codos 22.50° = 3

Codos 45° = 0

Codos 90° = 0

$$h_m = 0.003 \text{ m}$$

Pérdidas por valvulas de control

$$h_m = 0.2 x \frac{v^2}{2g}$$

Valvula compuerta = 1

$$h_m = 0.0008611 \text{ m}$$

Pérdidas por entrada normal al tubo 2"

$$h_m = 0.5 x \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 0.002153 \text{ m}$$

Pérdidas por salida 2"

$$h_m = 1.0 x \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 0.004 \text{ m}$$

Perdidas totales

$$h_m = 0.01008 \text{ m}$$

13.- Comprobación del diametro de la tuberia incluyendo las perdidas de accesorios

Carga hidráulica disponible = 78.47 m

Longitud de la tuberia = 530.710 m

Perdida de carga unitaria = 0.148 m/m

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 x C x h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.019 \text{ m}$$

$$D = 0.75 \text{ plg}$$

14.- Cotas de la línea piezometrica

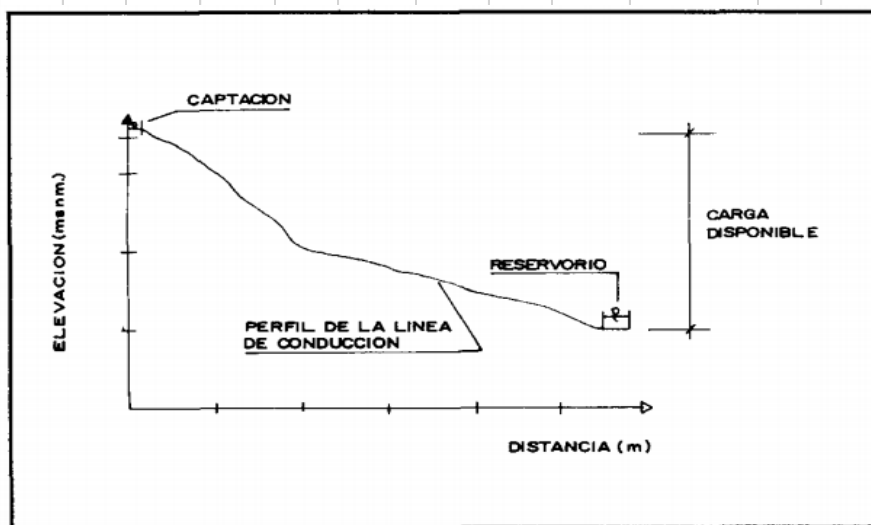
Cota piezometrica inicial : 780.14

Cota piezometrica final : 778.83

Cota del terreno : 700.36

Presión residual : 78.47 m

DISEÑO HIDRÁULICO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN



1.- Identificación del tramo

Tramo 01 : Cámara de Reunión - Reservoirio

Cámara de reunión: 609777.44 E 9485476.92 N

Reservorio: 609463.51 E 9486434.48 N

2.- Longitud del tramo

Tramo 01 : 1160.80 m

3.- Caudal de diseño

Caudal maximo diario = 0.75 lps

4.- Cota inicial del terreno

Cota inicial : 700.36 m.s.n.m

5.- Cota final del terreno

Cota final : 658.45 m.s.n.m

6.- Perdida de carga

$$H_f = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

Hf : 41.91 m

7.- Perdida de carga unitaria deseada

$$h_f = \frac{\text{Perdida de carga deseada}}{\text{Longitud del tramo}}$$

hf : 0.036 m/m

8.- Diametro de tuberia requerida

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Donde :

D : Diámetro de la tuberia (m)
 Q : Caudal en (m³/s)
 C : Coeficiente de Hazen - Williams C = 150
 hf : Perdida de Carga Unitaria (m/m)

$$D = \left(\frac{0.00075}{0.2785 \times 150 \times 0.04^{1/2.63}} \right)^{1/2.63}$$

$$D = 0.031 \text{ m}$$

$$D = 1.22 \text{ plg}$$

$$D_{\text{seleccionado}} = 1.50 \text{ plg}$$

$$D_{\text{nominal}} = 48.00 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor} = 1.80 \text{ mm}$$

$$D_{\text{interno}} = 44.40 \text{ mm}$$

9.- Velocidad del flujo

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = 0.48 \text{ m/s} \quad \text{OK!}$$

10.- Perdida de Carga Unitaria para la tuberia seleccionada

$$h_f = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times D^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

Donde :

D : Diámetro de la tuberia (m)
 Q : Caudal en (m³/s)
 C : Coeficiente de Hazen - Williams C = 150
 hf : Perdida de Carga Unitaria (m/m)

$$h_f = \left(\frac{0.00075}{0.2785 \times 150 \times 0.04^{1/2.63}} \right)^{1/2.63}$$

$$J = 0.006 \text{ m/m}$$

11.- Perdida de Carga en la tuberia seleccionada

$$H_f = h_f \times L_{\text{tramo}}$$

Donde :

hf : Perdida de carga unitaria (m/m)

Ltramo : Longitud del tramo (m)

$$H_f = 7.3094 \text{ m}$$

12.- Cálculo de pérdida de energía por accesorios

$$h_m = 0.25 \times \frac{v^2}{2g} \times \sum \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

Codos 11.25° = 3

Codos 22.50° = 3

Codos 45° = 0

Codos 90° = 0

$$h_m = 0.008 \text{ m}$$

Pérdidas por valvulas de control

$$h_m = 0.2 \times \frac{v^2}{2g}$$

Valvula compuerta = 1

$$h_m = 0.0023919 \text{ m}$$

Pérdidas por entrada normal al tubo 2"

$$h_m = 0.5 \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 0.005980 \text{ m}$$

Pérdidas por salida 2"

$$h_m = 1.0 \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 0.012 \text{ m}$$

Pérdidas totales

$$h_m = 0.02799 \text{ m}$$

13.- Comprobación del diametro de la tubería incluyendo las perdidas de accesorios

Carga hidráulica disponible = 34.57 m

Longitud de la tubería = 1160.800 m

Perdida de carga unitaria = 0.030 m/m

$$D = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.032 \text{ m}$$

$$D = 1.27 \text{ plg}$$

14.- Cotas de la línea piezométrica

Cota piezométrica inicial : 700.36

Cota piezométrica final : 693.02

Cota del terreno : 658.45

Presión residual : 34.57 m

ANEXO IV.3

CÁMARA DE REUNIÓN

DESEÑO HIDRAULICO Y DIMENSIONAMIENTO

Cuando existen diferentes captaciones es necesario reunir todos los caudales en una cámara de reunión.

1.- Caudales de diseño

Caudal de diseño (Q_{máx})

| Manantial | Q (lt/s) | Cantidad | Q _{total} (lt/s) | Q _{mín} (lt/s) | Q _{máx} (lt/s) |
|---------------------------|----------|----------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| CP. Potrancas | 2.10 lps | 1 | 2.20 lps | 2.40 lps | 2.88 lps |
| CP. Masas | 1.70 lps | 1 | 2.10 lps | 2.30 lps | 2.50 lps |
| Q _{total} (lt/s) | | | 4.30 lps | | |

2.- Calculo de la Carga de agua

La carga de agua es la cantidad de agua que se almacena en la cámara y luego va seguir su cauce mediante la tubería con presión mínima

Para determinar la altura de la carga en la Cámara de reunión, es necesario conocer la carga requerida (H) para que el gasto de salida pueda fluir, el valor de H, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1.56 \times \left(\frac{Q_{md}^2}{2 \cdot g \cdot A^2} \right)$$

Datos:

A = 0.001548 m

H = 0.61 m

Área de tubería de llegada

H carga de agua, se recomienda mínimo 30 cm de altura

3.- Altura de la Cámara

$$Ht = A + H + BL$$

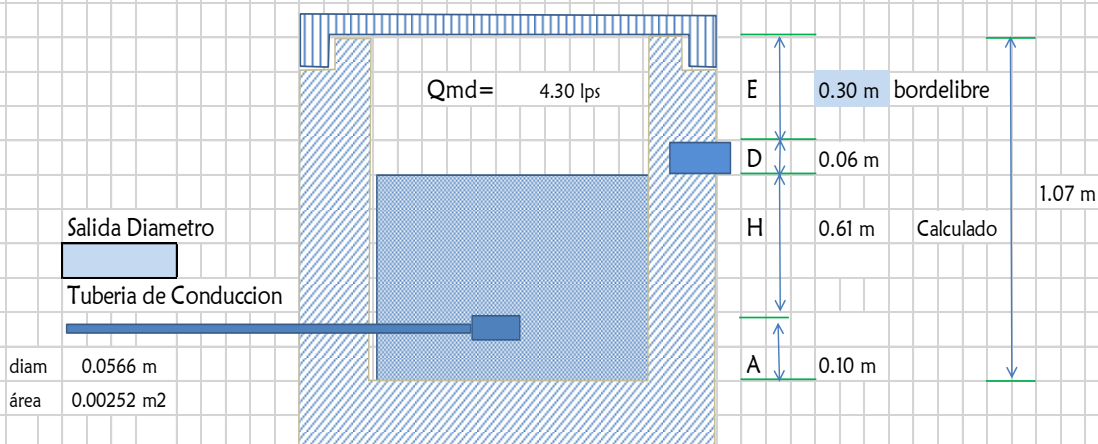
Donde:

A: Se considera mínimo 10 cm

H: Carga de Agua

BL: Borde libre (de 10 a 30 cms)

Altura de Agua o Carga requerida se determina por:



Se considera la altura de diseño interna de la cámara rompe presión :

1.20 m

4.- Dimensionamiento de la sección interna de la Cámara rompe presión

$$V_a = Q_{máxd} tr$$

Donde: V_a : Volumen almacenado.
 $Q_{máxd}$: Caudal máximo diario.
 $Q_{máxd}$: 4.30 lt/seg
 tr : Tiempo de retención (3-5 minutos).
 tr : 5 min
 tr : 300 seg

$V_a = 1290.00$ l

$V_a = 1.29$ m³

Por lo datos Calculados anteriormente

La longitudes asumidas para la captación son las siguientes

$H = 0.60$ m

$b = 1.50$ m

$L = 1.43$ m

$H = 0.60$ m

$b = 1.50$ m

$L = 1.50$ m

Volumen Asumido

1.35 m³

>

1.29 m³

Ok!

5.- Dimensionamiento de la Canastilla

Para dimensionar el diametro de la canastilla se considerar que debe ser 2 veces el diametro de la tuberia de salida a la linea de conduccion (D_c), el area total de ranuras (A_t) sea el doble del area de la tuberia de la linea de conduccion y que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a $3D_c$ y menor a $6D_c$.

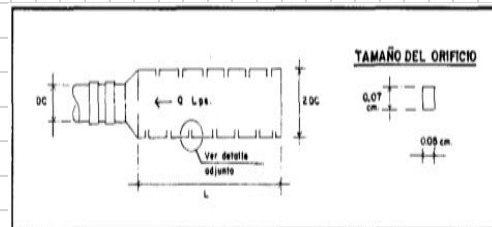


Figura 4.8 : Canastilla de salida

Diametro de Canastilla:

0.1132 m

4.46 plg

Longitud de la Canastilla:

de

0.1698 m

a

0.3396 m

se toma

0.3000 m

Area Total de Ranuras:

0.0050 m

Area lateral de la Canastilla:

0.0170 m

ok area total de ranuras mayor al 50% del area lateral de canastilla)

Area de ranura 0.007 x 0.005 m:

0.000035 m

Numero de ranuras:

144

6.-Rebose y Limpieza

El rebose se instala directamente a la tuberia de limpia y para realizar la limpieza y evacuar el agua de la camara humeda, se levanta la tuberia de rebose. La tuberia de rebose y limpia tienen el mismo diametro y se calcula mediante:

$$D = \frac{0.71 \times Q_{max}^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

D= Diametro en pulgadas

Q= Gasto maximo de la fuente

5.38 lps

Hf= Perdida de carga unitaria (0.015m/m)

Resultando:

D= 3 plg

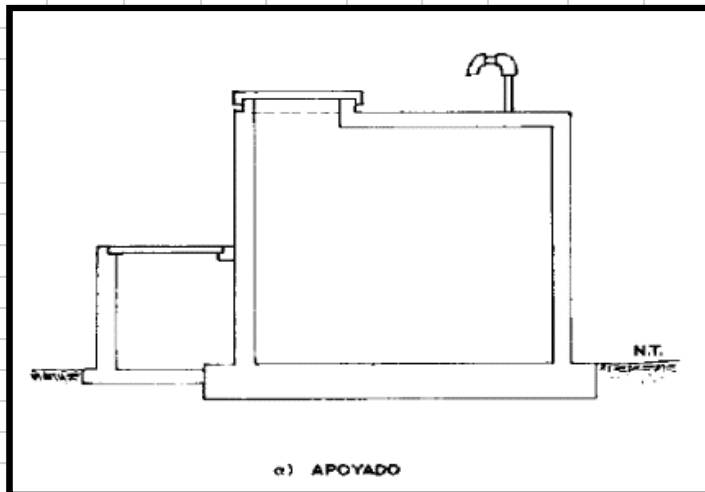
Cono de Rebose

Dcono= 7 plg

ANEXO IV.4

RESERVORIO

DISEÑO HIDRÁULICO DE RESERVORIO APOYADO



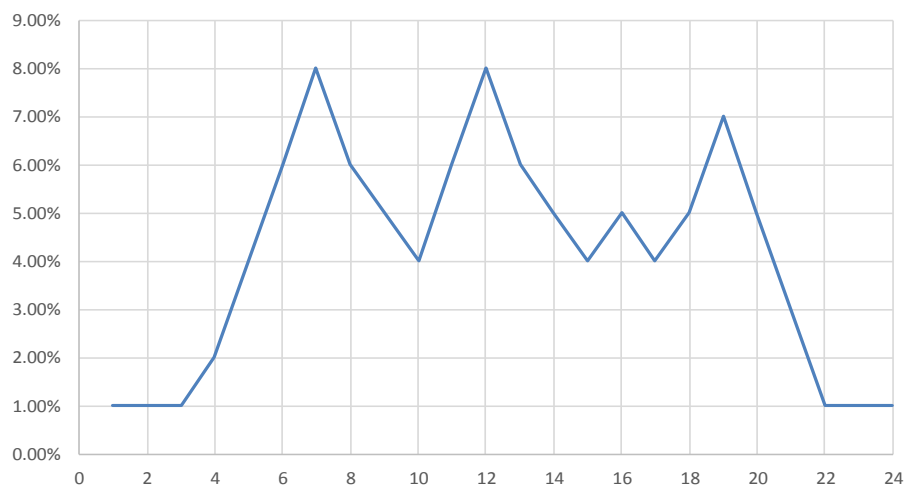
1.- Condiciones de diseño

| | |
|-------------------------------|----------------|
| Período de diseño : | 20 años |
| Población de diseño : | 252 habitantes |
| Caudal máximo diario : | 1.15 |

2.- Distribución horaria del consumo (según encuestas)

| Hora | Consumo | Hora | Consumo |
|---------------|---------|---------------|---------|
| 00:00 - 01:00 | 1.00% | 12:00 - 13:00 | 6.00% |
| 01:00 - 02:00 | 1.00% | 13:00 - 14:00 | 5.00% |
| 02:00 - 03:00 | 1.00% | 14:00 - 15:00 | 4.00% |
| 03:00 - 04:00 | 2.00% | 15:00 - 16:00 | 5.00% |
| 04:00 - 05:00 | 4.00% | 16:00 - 17:00 | 4.00% |
| 05:00 - 06:00 | 6.00% | 17:00 - 18:00 | 5.00% |
| 06:00 - 07:00 | 8.00% | 18:00 - 19:00 | 7.00% |
| 07:00 - 08:00 | 6.00% | 19:00 - 20:00 | 5.00% |
| 08:00 - 09:00 | 5.00% | 20:00 - 21:00 | 3.00% |
| 09:00 - 10:00 | 4.00% | 21:00 - 22:00 | 1.00% |
| 10:00 - 11:00 | 6.00% | 22:00 - 23:00 | 1.00% |
| 11:00 - 12:00 | 8.00% | 23:00 - 24:00 | 1.00% |

3.- Curva de Consumo horario



4.- Determinación del volumen para regulación de la demanda

| Hora (1) | C (%) (2) | ΣC (%) (3) | S (%) (4) | ΣS (%) (5) | $\Delta (S-C)$ (6) | $\Sigma \Delta (S - C)$ (7) |
|---------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 00:00 - 01:00 | 1.00% | 1.00% | 4.17% | 4.17% | 3.17% | 3.17% |
| 01:00 - 02:00 | 1.00% | 2.00% | 4.17% | 8.33% | 3.17% | 6.33% |
| 02:00 - 03:00 | 1.00% | 3.00% | 4.17% | 12.50% | 3.17% | 9.50% |
| 03:00 - 04:00 | 2.00% | 5.00% | 4.17% | 16.67% | 2.17% | 11.67% |
| 04:00 - 05:00 | 4.00% | 9.00% | 4.17% | 20.83% | 0.17% | 11.83% |
| 05:00 - 06:00 | 6.00% | 15.00% | 4.17% | 25.00% | -1.83% | 10.00% |
| 06:00 - 07:00 | 8.00% | 23.00% | 4.17% | 29.17% | -3.83% | 6.17% |
| 07:00 - 08:00 | 6.00% | 29.00% | 4.17% | 33.33% | -1.83% | 4.33% |
| 08:00 - 09:00 | 5.00% | 34.00% | 4.17% | 37.50% | -0.83% | 3.50% |
| 09:00 - 10:00 | 4.00% | 38.00% | 4.17% | 41.67% | 0.17% | 3.67% |
| 10:00 - 11:00 | 6.00% | 44.00% | 4.17% | 45.83% | -1.83% | 1.83% |
| 11:00 - 12:00 | 8.00% | 52.00% | 4.17% | 50.00% | -3.83% | -2.00% |
| 12:00 - 13:00 | 6.00% | 58.00% | 4.17% | 54.17% | -1.83% | -3.83% |
| 13:00 - 14:00 | 5.00% | 63.00% | 4.17% | 58.33% | -0.83% | -4.67% |
| 14:00 - 15:00 | 4.00% | 67.00% | 4.17% | 62.50% | 0.17% | -4.50% |
| 15:00 - 16:00 | 5.00% | 72.00% | 4.17% | 66.67% | -0.83% | -5.33% |
| 16:00 - 17:00 | 4.00% | 76.00% | 4.17% | 70.83% | 0.17% | -5.17% |
| 17:00 - 18:00 | 5.00% | 81.00% | 4.17% | 75.00% | -0.83% | -6.00% |
| 18:00 - 19:00 | 8.00% | 89.00% | 4.17% | 79.17% | -3.83% | -9.83% |
| 19:00 - 20:00 | 5.00% | 94.00% | 4.17% | 83.33% | -0.83% | -10.67% |
| 20:00 - 21:00 | 3.00% | 97.00% | 4.17% | 87.50% | 1.17% | -9.50% |
| 21:00 - 22:00 | 1.00% | 98.00% | 4.17% | 91.67% | 3.17% | -6.33% |
| 22:00 - 23:00 | 1.00% | 99.00% | 4.17% | 95.83% | 3.17% | -3.17% |
| 23:00 - 24:00 | 1.00% | 100.00% | 4.17% | 100.00% | 3.17% | 0.00% |

Columna (1) : Intervalos de tiempo

Columna (2) : Consumo horario

Columna (3) : Σ Columna 2. Curva integral del consumo.

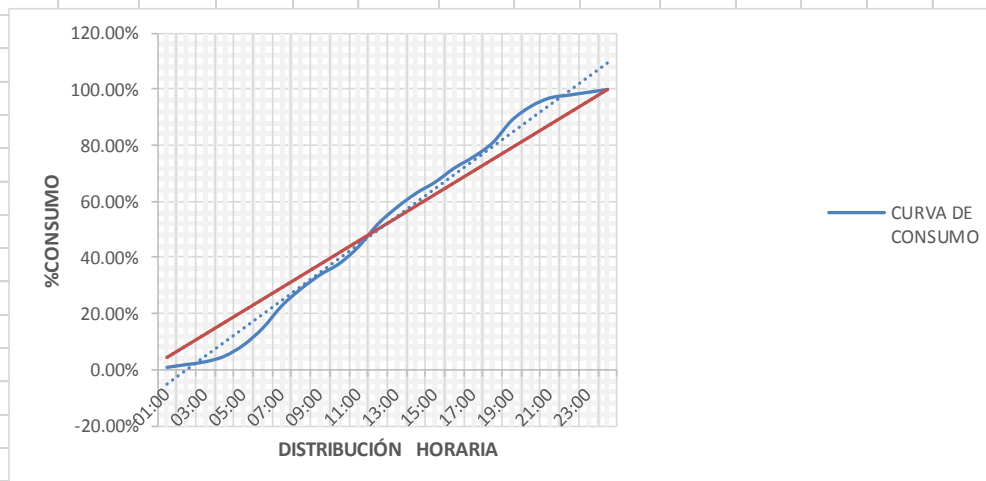
Columna (4) : $100\%/24 =$ Suministro horario continuo

Columna (5) : Σ columna 4. Curva integral de suministro

Columna (6) : Σ columna 4 - columna 2. Deficit horario. +: acumula, -: descarga

Columna (7) : Σ columna 6. Deficit acumulado. Se observan los puntos de máximo deficit y máximo sobrante. La suma de ambos es el volumen del tanque.

$$V_r = 22.50\%$$



6.- Volumen del tanque

Criterios según el RNE:

4. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

El volumen total de almacenamiento estará conformado por el volumen de regulación, volumen contra incendio y volumen de reserva.

4.1. Volumen de Regulación

El volumen de regulación será calculado con el diagrama masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda.

Cuando se comprueba la no disponibilidad de esta información, se deberá adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación, siempre que el suministro de la fuente de abastecimiento sea calculado para 24 horas de funcionamiento. En caso contrario deberá ser determinado en función al horario del suministro.

4.2. Volumen Contra Incendio

En los casos que se considere demanda contra incendio, deberá asignarse un volumen mínimo adicional de acuerdo al siguiente criterio:

- 50 m³ para áreas destinadas netamente a vivienda.

- Para áreas destinadas a uso comercial o industrial deberá calcularse utilizando el gráfico para agua contra incendio de sólidos del anexo 1, considerando un volumen aparente de incendio de 3,000 metros cúbicos y el coeficiente de apilamiento respectivo.

Independientemente de este volumen los locales especiales (Comerciales, Industriales y otros) deberán tener su propio volumen de almacenamiento de agua contra incendio.

4.3. Volumen de Reserva

De ser el caso, deberá justificarse un volumen adicional de reserva.

6.1.- Volumen de Regulación

$$Q_{md} = 0.75 \text{ lps}$$

$$Q_{md} = 64.8 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$VR = 16.20 \text{ m}^3$$

6.2.- Volumen contra incendio

Población mayores a 10,000 habitantes considerar volumen para incendio.

9.6

Población : 252

No se necesita calcular volumen contra incendio

$$Vi = 0.00 \text{ m}^3$$

6.3.- Volumen de Reserva

La magnitud de este componente del almacenamiento depende de:

1. Del peligro de interrupción en el influente al depósito por falla de la obra de abastecimiento

2. Del tiempo necesario para hacer las reparaciones.

Si la puesta fuera de servicio del suministro se reduce el tiempo necesario para inspecciones de rutina, durante las horas de consumo mínimo, la reserva de emergencia se hace no mayor, algunas veces de 25% de la capacidad total de almacenamiento, es decir se supone que el depósito será consumido en una cuarta parte de su profundidad promedio.

$$Vr = 0.00 \text{ m}^3$$

Volumen total del tanque

$$VT = 16.20 \text{ m}^3$$

$$VT = 18.00 \text{ m}^3$$

USAR RESERVORIO DE FORMA CUADRADA

7.- Predimensionamiento del reservorio apoyado

Para predimensionar se puede usar la siguiente relación empírica, según el texto "Elementos de diseño para acueductos y Alcantarillado" - Ricardo Alfredo López Cualla 2da Edición - 2003

$$h = \sqrt[3]{V/3 + k}$$

Donde :

h : profundidad (m)

V: volumen del reservorio (cientos de m3)

K : constante en función de la capacidad

| V (cientos de m3) | k |
|-------------------|-----|
| <3 | 2.0 |
| 4 - 6 | 1.8 |
| 7 - 9 | 1.5 |
| 10 - 13 | 1.3 |
| 14 - 16 | 1.0 |
| >17 | 0.7 |

$$v = 0.18$$

$$k = 2.00$$

$$h = \sqrt[3]{1.24/3 + 2}$$

$$h = 2.06 \text{ m}$$

$$h = 1.80 \text{ m}$$

Si el reservorio fuera de forma cuadrada:

$$\text{Área} = 10.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Lado} = 3.16227766$$

Si el reservorio fuera de forma circular:

$$\text{Área} = 10.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Radio} = 1.78 \text{ m}$$

$$\text{Radio} = 2.50 \text{ m}$$

Considerando borde libre en el diseño de : 0.40 m

Dimensiones del reservorio :

Altura : 1.80 m

Diametro : 2.50 m

Lado : 3.2

8.- Cotas y niveles de agua en el tanque

$$H_{\text{reg}} = \frac{18.00}{10.24} = 1.8 \text{ m}$$

Cota del nivel de agua máximo en la cisterna : 659.95 m.s.n.m.

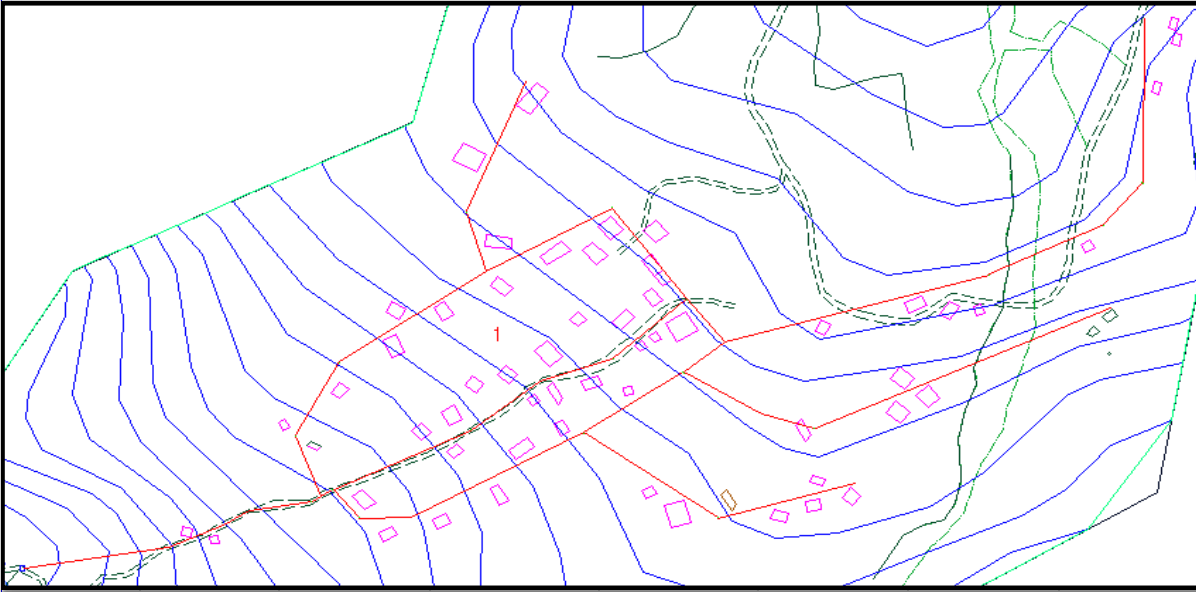
Cota del nivel de agua mínimo en el la cisterna : 658.30 m.s.n.m.

Cota del fondo del tanque : 658.15 m.s.n.m.

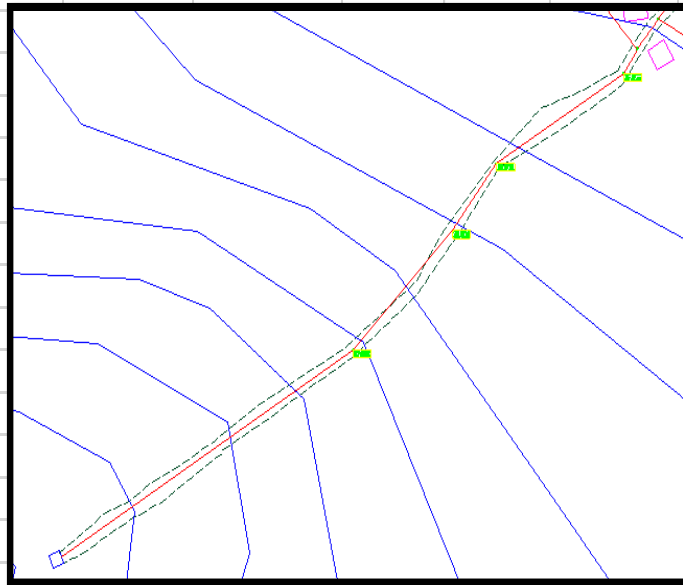
ANEXO IV.5

REDES DE DISTRIBUCIÓN

CENTRO POBLADO DE CULQUI ALTO

| 1.- DESCRIPCIÓN DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE CULQUI ALTO | | | | | | |
|--|---------|--------------|---------------|------------|-------------|----------|
| Descripción | Tubería | Nudo Inicial | Elev. Inicial | Nudo Final | Elev. Final | Longitud |
| Línea de Aducción | P - 1 | T-1 | 656.94 | J-1 | 639.69 | 94.22 |
| | P - 2 | J-3 | 625.23 | PRV-1 | 622.84 | 20.84 |
| | P - 2 | PRV-1 | 622.84 | J-4 | 620.51 | 20.33 |
| | P - 3 | J-1 | 639.69 | J-2 | 629.60 | 39.10 |
| | P - 4 | J-2 | 629.60 | J-3 | 625.23 | 19.71 |
| | P - 6 | J-4 | 620.51 | J-5 | 619.68 | 6.84 |
| Red principal de agua potable | P - 7 | J-5 | 619.68 | J-6 | 618.60 | 9.00 |
| | P - 8 | J-6 | 618.60 | J-7 | 605.17 | 98.60 |
| | P - 9 | J-7 | 605.17 | J-8 | 597.47 | 56.87 |
| | P - 10 | J-8 | 597.47 | J-9 | 591.54 | 49.76 |
| | P - 11 | J-9 | 591.54 | J-10 | 583.65 | 63.92 |
| | P - 12 | J-5 | 619.68 | J-11 | 615.96 | 45.50 |
| | P - 13 | J-11 | 615.96 | J-12 | 608.55 | 58.90 |
| | P - 14 | J-12 | 608.55 | J-13 | 591.42 | 115.04 |
| | P - 15 | J-13 | 591.42 | J-14 | 582.03 | 92.77 |
| | P - 16 | J-6 | 618.60 | J-15 | 618.52 | 26.04 |
| | P - 17 | J-15 | 618.52 | J-16 | 614.53 | 34.23 |
| | P - 18 | J-16 | 614.53 | J-17 | 597.56 | 126.64 |
| | P - 19 | J-17 | 597.56 | J-18 | 588.52 | 77.40 |
| | P - 20 | J-18 | 588.52 | J-19 | 583.64 | 34.50 |
| | P - 21 | J-10 | 583.65 | J-19 | 583.64 | 39.00 |
| | P - 22 | J-10 | 583.65 | J-14 | 582.03 | 80.50 |
| Ramales | P - 23 | J-17 | 597.56 | J-20 | 594.45 | 105.65 |
| | P - 24 | J-20 | 594.45 | J-21 | 591.15 | 92.63 |
| | P - 25 | J-18 | 588.52 | J-22 | 587.51 | 58.52 |
| | P - 26 | J-22 | 587.51 | J-23 | 587.09 | 36.23 |
| | P - 27 | J-23 | 587.09 | J-24 | 586.00 | 104.99 |
| | P - 28 | J-19 | 583.64 | J-25 | 575.48 | 177.72 |
| | P - 29 | J-25 | 575.48 | J-26 | 575.11 | 81.58 |
|  | | | | | | |
| RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CULQUI ALTO | | | | | | |

2.- DISEÑO HIDRÁULICO DE LÍNEA DE ADUCCIÓN



A.- Identificación del tramo

Línea de aducción: Reservorio - Red de agua potable

B.- Longitud del tramo

Tramo: 200.95 m

C.- Caudal de diseño

Caudal máx horario: 1.15 lps

D.- Cota inicial del terreno

Cota inicial : 657 m.s.n.m

E.- Cota final del terreno

Cota final : 620 m.s.n.m

F.- Pérdida de carga

$$H_f = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

Hf : 37.26 m

G.- Pérdida de carga unitaria deseada

$$h_f = \frac{\text{Pérdida de carga deseada}}{\text{Longitud del tramo}}$$

hf : 0.185 m/m

| | | | | |
|--|--|---|--|-----|
| H.- Diametro de tuberia requerida | | | | |
| | $D = \left(\frac{Q}{0.2785xCxhf^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$ | | | |
| | Donde : | | | |
| | Diámetro de la tuberia (m) | | | |
| | Caudal en (m3/s) | | | |
| | Coeficiente de Hazen - Williams C = | | | |
| | Pérdida de Carga Unitaria (m/m) | | | |
| | D = | $\frac{0.00115}{0.2785 \times 150 \times 0.19}$ | | |
| | D = | 0.026 m | | |
| | D = | 1.03 plg | | |
| | Dseleccionado = | 2.00 plg | | |
| | Dnominal = | 63.00 mm | | |
| | Espesor = | 2.30 mm | | |
| | Dinterno = | 58.40 mm | | |
| I.- Velocidad del flujo | | | | |
| | V = | $\frac{Q}{A}$ | | |
| | V = | 0.43 m/s | | OK! |
| J.- Pérdida de Carga Unitaria para la tuberia seleccionada | | | | |
| | $hf = \left(\frac{Q}{0.2785xCxD^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$ | | | |
| | Donde : | | | |
| | Diámetro de la tuberia (m) | | | |
| | Caudal en (m3/s) | | | |
| | Coeficiente de Hazen - Williams C = | | | |
| | Pérdida de Carga Unitaria (m/m) | | | |
| | hf = | $\frac{0}{0.2785 \times 150 \times 0.0584}$ | | |
| | hf = | 0.004 m/m | | |
| K.- Pérdida de Carga en la tuberia seleccionada | | | | |
| | Hf = | hf x Ltramo | | |
| | hf : | Pérdida de carga unitaria (m/m) | | |
| | Ltramo : | Longitud del tramo (m) | | |
| | Hf = | 0.7350 m | | |

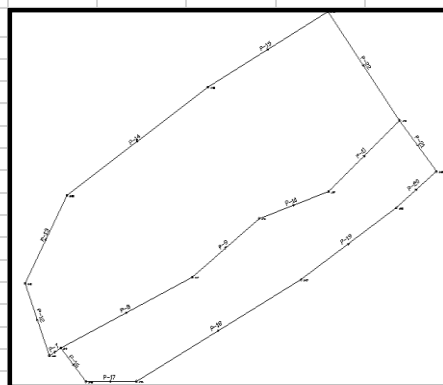
| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| L.- Calculo de perdida de energía por accesorios | | | | | |
| | $h_m = 0.25 \times \frac{v^2}{2g} \times \sum \sqrt{\frac{\theta}{90}}$ | | | | |
| Codos 11.25° = | 2 | | | | |
| Codos 22.50° = | 2 | | | | |
| Codos 45° = | 0 | | | | |
| Codos 90° = | 0 | | | | |
| | 0.004 m | | | | |
| Pérdidas por valvulas de control | | | | | |
| | $h_m = 0.2 \times \frac{v^2}{2g}$ | | | | |
| Valvula compuerta = | 1 | | | | |
| | 0.002 m | | | | |
| Pérdidas por entrada normal al tubo | | | | | |
| | $h_m = 0.5 \times \frac{v^2}{2g}$ | | | | |
| | 0.005 m | | | | |
| Pérdidas por salida | | | | | |
| | $h_m = 1.0 \times \frac{v^2}{2g}$ | | | | |
| | 0.009 m | | | | |
| Perdidas totales en accesorios | | | | | |
| | 0.020 m | | | | |
| M.- Comprobación del diametro de la tuberia incluyendo las perdidas de accesorios | | | | | |
| Carga hidráulica disponible = | 37.26 m | | | | |
| Longitud de la tuberia = | 200.950 m | | | | |
| Pérdida de carga unitaria = | 0.185 m/m | | | | |
| | $D = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C \times h_f^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$ | | | | |
| | 0.026 m | | | | |
| | 1.03 plg | | | | |
| N.- Cotas de la línea piezometrica | | | | | |
| Cota piezometrica inicial: | 656.94 | | | | |
| Cota piezometrica antes de la valvula en progresiva 0+173.87: | 656.29 | | | | |
| Cota del terreno en progresiva 0+173.87: | 623.84 | | | | |
| Presión antes de la válvula en progresiva 0+173.87 : | 32.45 m | | | | |
| Presión después de la válvula en progresiva 0+173.87: | 10.00 m | | | | |
| Cota piezométrica valvula despues de la válvula en progresiva 0+173.87 | 633.84 | | | | |
| Cota piezometrica final: | 633.73 | | | | |
| Cota terreno final: | 620.68 | | | | |
| Presión final | 13.05 m | | | | |

3.- DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE CULQUIALTO

A.-DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR TUBERÍA

| Tuberías | # viviendas | demanda (l/s) | Caudal (l/s) |
|----------|-------------|---------------|--------------|
| P - 7 | 2 | 0.04 | 0.92 |
| P - 8 | 3 | 0.06 | 0.43 |
| P - 9 | 3 | 0.06 | 0.38 |
| P - 10 | 3 | 0.06 | 0.32 |
| P - 11 | 5 | 0.09 | 0.26 |
| P - 12 | 1 | 0.02 | 0.23 |
| P - 13 | 2 | 0.04 | 0.21 |
| P - 14 | 6 | 0.11 | 0.17 |
| P - 15 | 3 | 0.06 | 0.06 |
| P - 16 | 1 | 0.02 | 0.45 |
| P - 17 | 1 | 0.02 | 0.43 |
| P - 18 | 11 | 0.21 | 0.41 |
| P - 19 | 0 | 0.00 | 0.21 |
| P - 20 | 11 | 0.21 | 0.21 |
| P - 21 | 5 | 0.09 | 0.09 |
| P - 22 | 4 | 0.08 | 0.08 |

RED PRINCIPAL



B.- DEFINICIÓN DE DIAMETROS EN LA RED PRINCIPAL

| Tuberías | H (m) | L (m) | hf (m/m) | Q (l/s) | D (mm) | D (pulg) | D (bresler) | D (pulg) | Dasumido (mm) |
|----------|-------|--------|----------|---------|--------|----------|-------------|----------|---------------|
| P - 7 | 1.08 | 9.00 | 0.12 | 0.92 | 26.24 | 1.03 | 36.47 | 1.44 | 46.20 |
| P - 8 | 13.43 | 98.60 | 0.14 | 0.43 | 19.18 | 0.75 | 24.99 | 0.98 | 46.20 |
| P - 9 | 7.70 | 56.87 | 0.14 | 0.38 | 18.21 | 0.72 | 23.30 | 0.92 | 46.20 |
| P - 10 | 5.93 | 49.76 | 0.12 | 0.32 | 17.57 | 0.69 | 21.48 | 0.85 | 46.20 |
| P - 11 | 7.89 | 63.92 | 0.12 | 0.26 | 16.20 | 0.64 | 19.50 | 0.77 | 46.20 |
| P - 12 | 3.72 | 45.50 | 0.08 | 0.23 | 16.63 | 0.65 | 18.05 | 0.71 | 46.20 |
| P - 13 | 7.41 | 58.90 | 0.13 | 0.21 | 14.73 | 0.58 | 17.28 | 0.68 | 46.20 |
| P - 14 | 17.13 | 115.04 | 0.15 | 0.17 | 13.18 | 0.52 | 15.63 | 0.62 | 46.20 |
| P - 15 | 9.39 | 92.77 | 0.10 | 0.06 | 9.40 | 0.37 | 9.02 | 0.36 | 46.20 |
| P - 16 | 0.08 | 26.04 | 0.00 | 0.45 | 42.45 | 1.67 | 25.53 | 1.00 | 46.20 |
| P - 17 | 3.99 | 34.23 | 0.12 | 0.43 | 19.80 | 0.78 | 24.99 | 0.98 | 46.20 |
| P - 18 | 16.97 | 126.64 | 0.13 | 0.41 | 18.92 | 0.74 | 24.44 | 0.96 | 46.20 |
| P - 19 | 9.04 | 77.40 | 0.12 | 0.21 | 14.95 | 0.59 | 17.28 | 0.68 | 28.80 |
| P - 20 | 4.88 | 34.50 | 0.14 | 0.21 | 14.38 | 0.57 | 17.28 | 0.68 | 28.80 |
| P - 21 | 0.01 | 39.00 | 0.00 | 0.09 | 38.94 | 1.53 | 11.65 | 0.46 | 28.80 |
| P - 22 | 1.62 | 80.50 | 0.02 | 0.08 | 14.60 | 0.57 | 10.42 | 0.41 | 28.80 |

Donde:

H: Perdida de Carga
L: Longitud de la tubería
hf: Perdida de carga unitaria
Q: Caudal
D: Diametro

C.- CÁLCULO DE LAS MALLAS POR EL MÉTODO DE HARDY-CROSS

| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | hf (m/m) | H (m) | H/Q | Δ Q | Caudal (l/s) | hf (m/m) | Hf (m) | H/Q | Δ Q |
|------------------------------------|--------|--------------|---------------|--------------|----------|--------|-------|--------|-------------------|----------|--------|--------|--------|
| Condiciones iniciales de iteración | | | | | | | | | Primera iteración | | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | -0.924 | 0.008 | -0.069 | 0.074 | 0.090 | -0.833 | 0.006 | -0.057 | 0.068 | 0.045 |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | -0.434 | 0.002 | -0.185 | 0.428 | 0.051 | -0.383 | 0.001 | -0.147 | 0.385 | 0.024 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | -0.377 | 0.001 | -0.083 | 0.219 | 0.051 | -0.326 | 0.001 | -0.063 | 0.194 | 0.024 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | -0.320 | 0.001 | -0.053 | 0.167 | 0.051 | -0.270 | 0.001 | -0.039 | 0.144 | 0.024 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | -0.264 | 0.001 | -0.048 | 0.182 | 0.051 | -0.213 | 0.001 | -0.032 | 0.151 | 0.024 |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.226 | 0.001 | 0.026 | 0.113 | 0.090 | 0.317 | 0.001 | 0.048 | 0.151 | 0.045 |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.207 | 0.000 | 0.028 | 0.136 | 0.090 | 0.298 | 0.001 | 0.055 | 0.186 | 0.045 |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.170 | 0.000 | 0.038 | 0.224 | 0.090 | 0.260 | 0.001 | 0.084 | 0.323 | 0.045 |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.057 | 0.000 | 0.004 | 0.071 | 0.090 | 0.147 | 0.000 | 0.024 | 0.160 | 0.045 |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | -0.075 | 0.001 | -0.059 | 0.786 | 0.090 | 0.015 | 0.000 | -0.003 | -0.198 | 0.045 |
| | | | | | Σ | -0.401 | 2.401 | | | Σ | -0.131 | 1.563 | |
| | | | | | Δ Q = | 0.090 | | | | Δ Q = | 0.045 | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.434 | 0.002 | 0.185 | 0.428 | -0.051 | 0.383 | 0.001 | 0.147 | 0.385 | -0.024 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.377 | 0.001 | 0.083 | 0.219 | -0.051 | 0.326 | 0.001 | 0.063 | 0.194 | -0.024 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.320 | 0.001 | 0.053 | 0.167 | -0.051 | 0.270 | 0.001 | 0.039 | 0.144 | -0.024 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.264 | 0.001 | 0.048 | 0.182 | -0.051 | 0.213 | 0.001 | 0.032 | 0.151 | -0.024 |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.452 | 0.002 | 0.053 | 0.117 | 0.040 | 0.492 | 0.002 | 0.062 | 0.126 | 0.021 |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | -0.434 | 0.002 | -0.064 | 0.148 | 0.040 | -0.394 | 0.002 | -0.054 | 0.137 | 0.021 |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | -0.415 | 0.002 | -0.219 | 0.529 | 0.040 | -0.375 | 0.001 | -0.182 | 0.486 | 0.021 |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | -0.207 | 0.005 | -0.371 | 1.790 | 0.040 | -0.168 | 0.003 | -0.251 | 1.494 | 0.021 |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | -0.207 | 0.005 | -0.165 | 0.798 | 0.040 | -0.168 | 0.003 | -0.112 | 0.666 | 0.021 |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.094 | 0.001 | 0.043 | 0.461 | 0.040 | 0.134 | 0.002 | 0.083 | 0.621 | 0.021 |
| | | | | | Σ | -0.354 | 4.838 | | | Σ | -0.172 | 4.403 | |
| | | | | | Δ Q = | 0.040 | | | | Δ Q = | 0.021 | | |

| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | hf (m/m) | H (m) | H/Q | ΔQ | Caudal (l/s) | hf (m/m) | Hf (m) | H/Q | ΔQ |
|-------------------|--------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------|-------|------------|-------------------|--------------|--------|-------|------------|
| Segunda Iteración | | | | | | | | | Tercera iteración | | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | -0.788 | 0.006 | -0.051 | 0.065 | -0.006 | -0.794 | 0.006 | -0.052 | 0.065 | 0.003 |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | -0.359 | 0.001 | -0.131 | 0.364 | -0.016 | -0.375 | 0.001 | -0.142 | 0.378 | 0.005 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | -0.302 | 0.001 | -0.055 | 0.181 | -0.016 | -0.318 | 0.001 | -0.060 | 0.190 | 0.005 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | -0.246 | 0.001 | -0.033 | 0.133 | -0.016 | -0.262 | 0.001 | -0.037 | 0.140 | 0.005 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | -0.189 | 0.000 | -0.026 | 0.137 | -0.016 | -0.205 | 0.000 | -0.030 | 0.146 | 0.005 |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.362 | 0.001 | 0.061 | 0.169 | -0.006 | 0.356 | 0.001 | 0.059 | 0.167 | 0.003 |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.343 | 0.001 | 0.072 | 0.209 | -0.006 | 0.337 | 0.001 | 0.069 | 0.206 | 0.003 |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.305 | 0.001 | 0.113 | 0.370 | -0.006 | 0.299 | 0.001 | 0.109 | 0.364 | 0.003 |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.192 | 0.000 | 0.039 | 0.201 | -0.006 | 0.186 | 0.000 | 0.036 | 0.196 | 0.003 |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | 0.060 | 0.000 | 0.039 | 0.649 | -0.006 | 0.054 | 0.000 | 0.032 | 0.591 | 0.003 |
| | | | | | Σ | 0.029 | 2.479 | | | Σ | -0.015 | 2.443 | |
| | | | | | $\Delta Q =$ | -0.006 | | | | $\Delta Q =$ | 0.003 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.359 | 0.001 | 0.131 | 0.364 | 0.016 | 0.375 | 0.001 | 0.142 | 0.395 | -0.005 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.302 | 0.001 | 0.055 | 0.181 | 0.016 | 0.318 | 0.001 | 0.060 | 0.200 | -0.005 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.246 | 0.001 | 0.033 | 0.133 | 0.016 | 0.262 | 0.001 | 0.037 | 0.149 | -0.005 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.189 | 0.000 | 0.026 | 0.137 | 0.016 | 0.205 | 0.000 | 0.030 | 0.159 | -0.005 |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.513 | 0.003 | 0.067 | 0.130 | 0.010 | 0.523 | 0.003 | 0.069 | 0.135 | -0.001 |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | -0.373 | 0.001 | -0.049 | 0.131 | 0.010 | -0.363 | 0.001 | -0.046 | 0.124 | -0.001 |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | -0.354 | 0.001 | -0.164 | 0.462 | 0.010 | -0.344 | 0.001 | -0.155 | 0.439 | -0.001 |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | -0.147 | 0.003 | -0.195 | 1.333 | 0.010 | -0.137 | 0.002 | -0.172 | 1.173 | -0.001 |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | -0.147 | 0.003 | -0.087 | 0.594 | 0.010 | -0.137 | 0.002 | -0.077 | 0.523 | -0.001 |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.155 | 0.003 | 0.109 | 0.704 | 0.010 | 0.165 | 0.003 | 0.122 | 0.788 | -0.001 |
| | | | | | Σ | -0.075 | 4.168 | | | Σ | 0.009 | 4.085 | |
| | | | | | $\Delta Q =$ | 0.010 | | | | $\Delta Q =$ | -0.001 | | |

| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | hf (m/m) | H (m) | H/Q | ΔQ | Caudal (l/s) | hf (m/m) | Hf (m) | H/Q | ΔQ |
|-------------------------|--------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------|-------|------------|-------------------------|--------------|--------|-------|------------|
| <i>Cuarta iteración</i> | | | | | | | | | <i>Quinta iteración</i> | | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | -0.791 | 0.006 | -0.052 | 0.065 | 0.000 | -0.792 | 0.006 | -0.052 | 0.065 | 0.000 |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | -0.370 | 0.001 | -0.138 | 0.374 | -0.001 | -0.371 | 0.001 | -0.139 | 0.375 | 0.000 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | -0.314 | 0.001 | -0.059 | 0.187 | -0.001 | -0.315 | 0.001 | -0.059 | 0.188 | 0.000 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | -0.257 | 0.001 | -0.036 | 0.138 | -0.001 | -0.258 | 0.001 | -0.036 | 0.139 | 0.000 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | -0.200 | 0.000 | -0.029 | 0.144 | -0.001 | -0.202 | 0.000 | -0.029 | 0.144 | 0.000 |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.359 | 0.001 | 0.060 | 0.168 | 0.000 | 0.358 | 0.001 | 0.060 | 0.168 | 0.000 |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.340 | 0.001 | 0.071 | 0.208 | 0.000 | 0.340 | 0.001 | 0.070 | 0.207 | 0.000 |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.302 | 0.001 | 0.111 | 0.367 | 0.000 | 0.302 | 0.001 | 0.111 | 0.367 | 0.000 |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.189 | 0.000 | 0.038 | 0.199 | 0.000 | 0.189 | 0.000 | 0.037 | 0.198 | 0.000 |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | 0.057 | 0.000 | 0.036 | 0.622 | 0.000 | 0.057 | 0.000 | 0.035 | 0.618 | 0.000 |
| | | | | | Σ | 0.002 | 2.471 | | | Σ | -0.001 | 2.469 | |
| | | | | | $\Delta Q =$ | 0.000 | | | | $\Delta Q =$ | 0.000 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.370 | 0.001 | 0.138 | 0.374 | 0.001 | 0.371 | 0.001 | 0.139 | 0.376 | 0.000 |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.314 | 0.001 | 0.059 | 0.187 | 0.001 | 0.315 | 0.001 | 0.059 | 0.188 | 0.000 |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.257 | 0.001 | 0.036 | 0.138 | 0.001 | 0.258 | 0.001 | 0.036 | 0.139 | 0.000 |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.200 | 0.000 | 0.029 | 0.144 | 0.001 | 0.202 | 0.000 | 0.029 | 0.145 | 0.000 |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.522 | 0.003 | 0.069 | 0.132 | 0.001 | 0.522 | 0.003 | 0.069 | 0.133 | 0.000 |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | -0.364 | 0.001 | -0.047 | 0.128 | 0.001 | -0.364 | 0.001 | -0.046 | 0.128 | 0.000 |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | -0.346 | 0.001 | -0.156 | 0.453 | 0.001 | -0.345 | 0.001 | -0.156 | 0.451 | 0.000 |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | -0.138 | 0.002 | -0.175 | 1.266 | 0.001 | -0.137 | 0.002 | -0.173 | 1.255 | 0.000 |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | -0.138 | 0.002 | -0.078 | 0.564 | 0.001 | -0.137 | 0.002 | -0.077 | 0.559 | 0.000 |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.163 | 0.003 | 0.120 | 0.736 | 0.001 | 0.164 | 0.003 | 0.121 | 0.742 | 0.000 |
| | | | | | Σ | -0.005 | 4.123 | | | Σ | 0.001 | 4.116 | |
| | | | | | $\Delta Q =$ | 0.001 | | | | $\Delta Q =$ | 0.000 | | |

| Resultados Definitivos | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------|---------------------|-------------------|-----------|-----------|---------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| Circuito | Tramo | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Caudal (l/s) | Velocidad | | Hf | Elevación Final | Cota Piezométrica Final | Presión Resultante | | | | | |
| | | | | | (m/s) | Condición | | | | (m) | Condición | | | | |
| Malla I | P - 7 | 9.000 | 46.2 | 0.791 | 0.47 | OK | 0.052 | 618.600 | 618.55 | 14.15 | OK | | | | |
| | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.371 | 0.22 | OK | 0.139 | 605.170 | 605.03 | 27.72 | OK | | | | |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.314 | 0.19 | OK | 0.059 | 597.470 | 597.41 | 35.48 | OK | | | | |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.258 | 0.15 | OK | 0.036 | 591.540 | 591.50 | 41.45 | OK | | | | |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.201 | 0.12 | V. baja | 0.029 | 583.650 | 583.62 | 49.37 | OK | | | | |
| | P - 12 | 45.500 | 46.2 | 0.359 | 0.21 | OK | 0.060 | 615.960 | 615.90 | 16.80 | OK | | | | |
| | P - 13 | 58.900 | 46.2 | 0.340 | 0.20 | OK | 0.070 | 608.550 | 608.48 | 24.28 | OK | | | | |
| | P - 14 | 115.040 | 46.2 | 0.302 | 0.18 | OK | 0.111 | 591.420 | 591.31 | 41.52 | OK | | | | |
| | P - 15 | 92.770 | 46.2 | 0.189 | 0.11 | V. baja | 0.037 | 582.030 | 581.99 | 50.95 | OK | | | | |
| | P - 22 | 80.500 | 28.8 | 0.057 | 0.09 | V. baja | 0.035 | 582.030 | 581.99 | 51.01 | OK | | | | |
| Malla II | P - 8 | 98.600 | 46.2 | 0.371 | 0.22 | OK | 0.139 | 605.170 | 605.03 | 27.72 | OK | | | | |
| | P - 9 | 56.870 | 46.2 | 0.314 | 0.19 | OK | 0.059 | 597.470 | 597.41 | 35.48 | OK | | | | |
| | P - 10 | 49.760 | 46.2 | 0.258 | 0.15 | OK | 0.036 | 591.540 | 591.50 | 41.45 | OK | | | | |
| | P - 11 | 63.920 | 46.2 | 0.201 | 0.12 | V. baja | 0.029 | 583.650 | 583.62 | 49.37 | OK | | | | |
| | P - 16 | 26.040 | 46.2 | 0.522 | 0.31 | OK | 0.069 | 618.520 | 618.45 | 14.30 | OK | | | | |
| | P - 17 | 34.230 | 46.2 | 0.364 | 0.22 | OK | 0.046 | 614.530 | 614.48 | 18.34 | OK | | | | |
| | P - 18 | 126.640 | 46.2 | 0.345 | 0.21 | OK | 0.156 | 597.560 | 597.40 | 35.46 | OK | | | | |
| | P - 19 | 77.400 | 28.8 | 0.138 | 0.21 | OK | 0.173 | 588.520 | 588.35 | 44.68 | OK | | | | |
| | P - 20 | 34.500 | 28.8 | 0.138 | 0.21 | OK | 0.077 | 583.640 | 583.56 | 49.54 | OK | | | | |
| | P - 21 | 39.000 | 28.8 | 0.164 | 0.25 | OK | 0.121 | 583.640 | 583.52 | 49.50 | OK | | | | |
| D.- CÁLCULO DE LOS RAMALES DE DISTRIBUCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tramo | Gasto (l/s) | Longitud (m) | Cota Inicial (msnm) | Cota final (msnm) | H (m) | hf (m/m) | Diámetro (mm) | Diámetro asumido (mm) | hf (m/m) | Hf (m) | Cota Piezométrica final (msnm) | Presión (m) | Presión Inicial (m) | Presión final (m) | Velocidad (m/s) |
| Ramal # 01 | 0.13 | 198.19 | 597.56 | 591.15 | 6.41 | 0.03 | 16.39 | 28.80 | 0.00 | 0.41 | 597.15 | 6.00 | 18.34 | 24.34 | 0.203 |
| Ramal # 02 | 0.11 | 304.94 | 588.52 | 586.00 | 2.52 | 0.01 | 20.45 | 28.80 | 0.00 | 0.48 | 588.04 | 2.04 | 44.68 | 46.72 | 0.174 |
| Ramal #03 | 0.15 | 259.09 | 583.64 | 575.11 | 8.53 | 0.03 | 17.18 | 28.80 | 0.00 | 0.69 | 582.95 | 7.84 | 49.50 | 57.34 | 0.232 |

CENTRO POBLADO DE CULQUI

| Descripción | Tubería | Nudo Inicial | Elev. Inicial | Nudo Final | Elev. Final | Longitud |
|---------------------|---------|--------------|---------------|------------|-------------|----------|
| Línea de aducción | P1 | R-1 | 564.68 | J-1 | 549.72 | 90.24 |
| | P2 | J-1 | 549.72 | J-2 | 547.38 | 26.62 |
| | P3 | J-2 | 547.38 | J-3 | 546.24 | 18.74 |
| | P4 | J-3 | 546.24 | J-4 | 541.21 | 72.53 |
| | P5 | J-4 | 541.21 | J-5 | 538.09 | 32.97 |
| | P6 | J-5 | 538.09 | J-6 | 533.29 | 71.19 |
| | P7 | J-6 | 533.29 | J-7 | 522.96 | 179.49 |
| | P8 | J-7 | 522.96 | J-8 | 521.45 | 20.51 |
| | P9 | J-8 | 521.45 | J-9 | 518.51 | 52.92 |
| | P10 | J-9 | 518.51 | J-10 | 518.66 | 15.97 |
| | P11 | J-10 | 518.66 | J-11 | 517.91 | 77.14 |
| Red de distribución | P12 | J-11 | 517.91 | J-12 | 517.79 | 3.07 |
| | P13 | J-12 | 517.79 | J-13 | 518.59 | 15.42 |
| | P14 | J-13 | 518.59 | J-14 | 518.66 | 1.20 |
| | P15 | J-14 | 518.66 | J-15 | 521.65 | 27.19 |
| | P16 | J-15 | 521.65 | J-16 | 529.97 | 56.21 |
| | P17 | J-16 | 529.97 | J-17 | 528.66 | 19.54 |
| | P18 | J-17 | 528.66 | J-18 | 525.30 | 55.89 |
| | P19 | J-18 | 525.30 | J-19 | 544.03 | 181.90 |
| | P20 | J-13 | 544.03 | J-20 | 517.95 | 41.49 |
| | P21 | J-20 | 517.95 | J-21 | 513.35 | 58.54 |
| | P22 | J-21 | 513.35 | J-22 | 508.93 | 62.29 |
| | P23 | J-11 | 508.93 | J-23 | 516.64 | 27.55 |
| | P24 | J-23 | 516.64 | J-24 | 511.41 | 68.89 |
| | P25 | J-24 | 511.41 | J-25 | 507.29 | 45.65 |
| | P26 | J-25 | 507.29 | J-26 | 503.41 | 26.43 |
| | P27 | J-26 | 503.41 | J-27 | 498.24 | 90.99 |
| | P28 | J-27 | 498.24 | J-28 | 492.01 | 62.06 |
| | P29 | J-28 | 492.01 | J-29 | 489.28 | 186.24 |
| | P30 | J-29 | 489.28 | J-30 | 475.36 | 227.91 |
| | P31 | J-30 | 475.36 | J-31 | 467.74 | 82.12 |
| | P32 | J-28 | 467.74 | J-32 | 489.84 | 32.06 |
| | P33 | J-32 | 489.84 | J-33 | 485.38 | 44.09 |
| | P34 | J-33 | 485.38 | J-34 | 477.69 | 164.44 |
| | P35 | J-26 | 477.69 | J-35 | 501.62 | 12.02 |
| | P36 | J-35 | 501.62 | J-36 | 503.66 | 48.76 |
| | P37 | J-36 | 503.66 | J-37 | 512.20 | 58.96 |
| | P38 | J-35 | 512.20 | J-38 | 502.33 | 63.41 |
| | P39 | J-38 | 502.33 | J-39 | 502.96 | 7.90 |
| | P40 | J-39 | 502.96 | J-40 | 503.84 | 24.06 |
| | P41 | J-40 | 503.84 | J-41 | 499.42 | 65.57 |
| | P42 | J-41 | 499.42 | J-42 | 494.01 | 58.66 |
| | P43 | J-42 | 494.01 | J-43 | 493.54 | 6.97 |
| | P44 | J-43 | 493.54 | J-44 | 490.86 | 32.00 |
| | P45 | J-44 | 490.86 | J-45 | 486.10 | 35.02 |
| | P46 | J-45 | 486.10 | J-46 | 472.89 | 164.12 |
| | P47 | J-46 | 472.89 | J-47 | 469.99 | 94.65 |
| | P48 | J-47 | 469.99 | J-48 | 485.63 | 15.74 |
| | P49 | J-48 | 485.63 | J-49 | 484.40 | 12.98 |
| | P50 | J-49 | 484.40 | J-50 | 478.06 | 52.41 |
| | P51 | J-44 | 478.06 | J-51 | 490.28 | 97.58 |
| | P52 | J-51 | 490.28 | J-52 | 485.31 | 35.04 |
| | P53 | J-43 | 485.31 | J-53 | 492.27 | 95.12 |
| | P54 | J-53 | 492.27 | J-54 | 486.65 | 65.09 |
| | P55 | J-39 | 486.65 | J-55 | 503.84 | 38.46 |
| | P56 | J-55 | 503.84 | J-56 | 503.84 | 11.49 |
| | P57 | J-56 | 503.84 | J-57 | 503.45 | 97.29 |
| | P58 | J-57 | 503.45 | J-58 | 501.66 | 102.85 |
| | P59 | J-58 | 501.66 | J-59 | 499.97 | 27.11 |
| | P60 | J-56 | 499.97 | J-60 | 503.84 | 12.87 |
| | P61 | J-60 | 503.84 | J-61 | 498.28 | 67.68 |
| | P62 | J-38 | 498.28 | J-62 | 503.77 | 24.86 |
| | P63 | J-62 | 503.77 | J-63 | 502.37 | 124.37 |
| | P64 | J-63 | 502.37 | J-64 | 503.84 | 20.59 |
| | P65 | J-64 | 503.84 | J-65 | 501.61 | 86.67 |
| | P66 | J-65 | 501.61 | J-66 | 500.39 | 29.38 |
| | P67 | J-66 | 500.39 | J-67 | 494.02 | 179.60 |
| | P68 | J-67 | 494.02 | J-68 | 503.65 | 6.25 |
| | P69 | J-68 | 503.65 | J-69 | 505.38 | 97.54 |

| Tramo | Población futura por tramo | demanda por tramo (l/s) |
|---------------|-------------------------------|----------------------------|
| J-10 <-> J-11 | 15 | 0.071 |
| J-11 <-> J-12 | 0 | 0.000 |
| J-12 <-> J-13 | 0 | 0.000 |
| J-13 <-> J-14 | 0 | 0.000 |
| J-14 <-> J-15 | 0 | 0.000 |
| J-15 <-> J-16 | 0 | 0.000 |
| J-16 <-> J-17 | 0 | 0.000 |
| J-17 <-> J-18 | 10 | 0.047 |
| J-18 <-> J-19 | 55 | 0.259 |
| J-13 <-> J-20 | 0 | 0.000 |
| J-20 <-> J-21 | 0 | 0.000 |
| J-21 <-> J-22 | 20 | 0.094 |
| J-11 <-> J-23 | 0 | 0.000 |
| J-23 <-> J-24 | 40 | 0.189 |
| J-24 <-> J-25 | 5 | 0.024 |
| J-25 <-> J-26 | 10 | 0.047 |
| J-26 <-> J-27 | 0 | 0.000 |
| J-27 <-> J-28 | 0 | 0.000 |
| J-28 <-> J-29 | 30 | 0.141 |
| J-29 <-> J-30 | 25 | 0.118 |
| J-30 <-> J-31 | 20 | 0.094 |
| J-28 <-> J-32 | 0 | 0.000 |
| J-32 <-> J-33 | 10 | 0.047 |
| J-33 <-> J-34 | 60 | 0.283 |
| J-26 <-> J-35 | 5 | 0.024 |
| J-35 <-> J-36 | 0 | 0.000 |
| J-36 <-> J-37 | 25 | 0.118 |
| J-35 <-> J-38 | 30 | 0.141 |
| J-38 <-> J-39 | 0 | 0.000 |
| J-39 <-> J-40 | 10 | 0.047 |
| J-40 <-> J-41 | 20 | 0.094 |
| J-41 <-> J-42 | 35 | 0.165 |
| J-42 <-> J-43 | 0 | 0.000 |
| J-43 <-> J-44 | 10 | 0.047 |
| J-44 <-> J-45 | 5 | 0.024 |
| J-45 <-> J-46 | 30 | 0.141 |
| J-46 <-> J-47 | 30 | 0.141 |
| J-47 <-> J-48 | 10 | 0.047 |
| J-48 <-> J-49 | 0 | 0.000 |
| J-49 <-> J-50 | 30 | 0.141 |
| J-44 <-> J-51 | 86 | 0.401 |
| J-51 <-> J-52 | 20 | 0.094 |
| J-43 <-> J-53 | 30 | 0.141 |
| J-53 <-> J-54 | 40 | 0.189 |
| J-39 <-> J-55 | 25 | 0.118 |
| J-55 <-> J-56 | 5 | 0.024 |
| J-56 <-> J-57 | 20 | 0.094 |
| J-57 <-> J-58 | 40 | 0.189 |
| J-58 <-> J-59 | 10 | 0.047 |
| J-56 <-> J-60 | 0 | 0.000 |
| J-60 <-> J-61 | 30 | 0.141 |
| J-38 <-> J-62 | 15 | 0.071 |
| J-62 <-> J-63 | 45 | 0.212 |
| J-63 <-> J-64 | 10 | 0.047 |
| J-64 <-> J-65 | 25 | 0.118 |
| J-65 <-> J-66 | 10 | 0.047 |
| J-66 <-> J-67 | 60 | 0.283 |
| J-64 <-> J-68 | 0 | 0.000 |
| J-68 <-> J-69 | 55 | 0.259 |

| Nudo | demanda por nudo (l/s) |
|-------------|-----------------------------------|
| J-10 | 0.000 |
| J-11 | 0.071 |
| J-12 | 0.000 |
| J-13 | 0.000 |
| J-14 | 0.000 |
| J-15 | 0.000 |
| J-16 | 0.000 |
| J-17 | 0.000 |
| J-18 | 0.000 |
| J-19 | 0.306 |
| J-20 | 0.000 |
| J-21 | 0.000 |
| J-22 | 0.094 |
| J-23 | 0.000 |
| J-24 | 0.189 |
| J-25 | 0.024 |
| J-26 | 0.047 |
| J-27 | 0.000 |
| J-28 | 0.000 |
| J-29 | 0.000 |
| J-30 | 0.000 |
| J-31 | 0.354 |
| J-32 | 0.000 |
| J-33 | 0.000 |
| J-34 | 0.330 |
| J-35 | 0.024 |
| J-36 | 0.000 |
| J-37 | 0.118 |
| J-38 | 0.141 |
| J-39 | 0.000 |
| J-40 | 0.047 |
| J-41 | 0.094 |
| J-42 | 0.165 |
| J-43 | 0.000 |
| J-44 | 0.047 |
| J-45 | 0.024 |
| J-46 | 0.000 |
| J-47 | 0.283 |
| J-48 | 0.000 |
| J-49 | 0.000 |
| J-50 | 0.189 |
| J-51 | 0.401 |
| J-52 | 0.094 |
| J-53 | 0.141 |
| J-54 | 0.189 |
| J-55 | 0.000 |
| J-56 | 0.141 |
| J-57 | 0.000 |
| J-58 | 0.000 |
| J-59 | 0.330 |
| J-60 | 0.000 |
| J-61 | 0.141 |
| J-62 | 0.071 |
| J-63 | 0.000 |
| J-64 | 0.259 |
| J-65 | 0.000 |
| J-66 | 0.000 |
| J-67 | 0.448 |
| J-68 | 0.000 |
| J-69 | 0.259 |

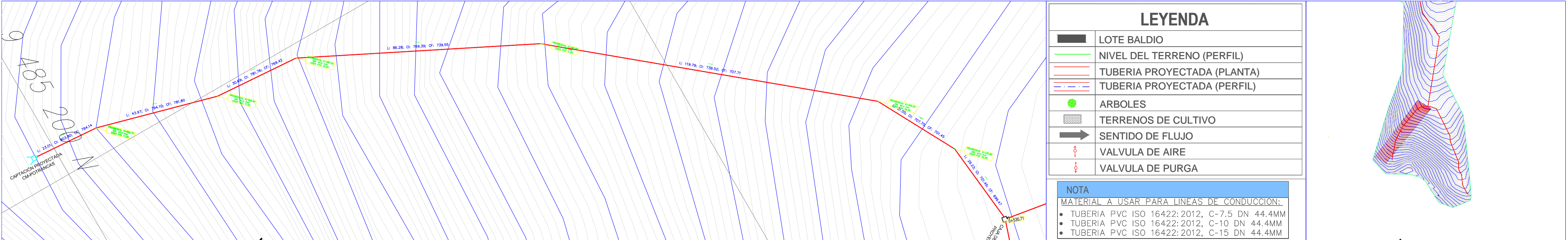
| Tramo | Caudal (l/s) |
|---------------|--------------|
| J-10 <-> J-11 | 5.020 |
| J-11 <-> J-12 | 4.949 |
| J-12 <-> J-13 | 0.401 |
| J-13 <-> J-14 | 0.401 |
| J-14 <-> J-15 | 0.306 |
| J-15 <-> J-16 | 0.306 |
| J-16 <-> J-17 | 0.306 |
| J-17 <-> J-18 | 0.306 |
| J-18 <-> J-19 | 0.259 |
| J-13 <-> J-20 | 0.000 |
| J-20 <-> J-21 | 0.094 |
| J-21 <-> J-22 | 0.094 |
| J-11 <-> J-23 | 0.000 |
| J-23 <-> J-24 | 4.549 |
| J-24 <-> J-25 | 4.360 |
| J-25 <-> J-26 | 4.337 |
| J-26 <-> J-27 | 4.289 |
| J-27 <-> J-28 | 0.683 |
| J-28 <-> J-29 | 0.683 |
| J-29 <-> J-30 | 0.212 |
| J-30 <-> J-31 | 0.094 |
| J-28 <-> J-32 | 0.000 |
| J-32 <-> J-33 | 0.330 |
| J-33 <-> J-34 | 0.283 |
| J-26 <-> J-35 | 0.000 |
| J-35 <-> J-36 | 3.582 |
| J-36 <-> J-37 | 0.118 |
| J-35 <-> J-38 | 0.000 |
| J-38 <-> J-39 | 3.323 |
| J-39 <-> J-40 | 2.286 |
| J-40 <-> J-41 | 1.626 |
| J-41 <-> J-42 | 1.532 |
| J-42 <-> J-43 | 1.367 |
| J-43 <-> J-44 | 1.367 |
| J-44 <-> J-45 | 0.990 |
| J-45 <-> J-46 | 0.471 |
| J-46 <-> J-47 | 0.141 |
| J-47 <-> J-48 | 0.000 |
| J-48 <-> J-49 | 0.141 |
| J-49 <-> J-50 | 0.141 |
| J-44 <-> J-51 | 0.000 |
| J-51 <-> J-52 | 0.094 |
| J-43 <-> J-53 | 0.000 |
| J-53 <-> J-54 | 0.189 |
| J-39 <-> J-55 | 0.000 |
| J-55 <-> J-56 | 0.495 |
| J-56 <-> J-57 | 0.471 |
| J-57 <-> J-58 | 0.236 |
| J-58 <-> J-59 | 0.047 |
| J-56 <-> J-60 | 0.000 |
| J-60 <-> J-61 | 0.141 |
| J-38 <-> J-62 | 0.000 |
| J-62 <-> J-63 | 0.966 |
| J-63 <-> J-64 | 0.754 |
| J-64 <-> J-65 | 0.707 |
| J-65 <-> J-66 | 0.330 |
| J-66 <-> J-67 | 0.283 |
| J-64 <-> J-68 | 0.000 |
| J-68 <-> J-69 | 0.259 |

| Tramo | Caudal (l/s) | | Longitud (m) | H (m) | hf (m/m) | D (m) | D (mm) | D asumido | hf (m/m) | H (m) | Cota del terreno | | Cota piezométrica | | Presión | | | Velocidad | |
|---------|--------------|--------|--------------|--------|----------|-------|--------|-----------|----------|-------|------------------|--------|-------------------|--------|---------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | Tramo | Diseño | | | | | | | | | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | condición | (m/s) | condición |
| P1 | 0.000 | 5.020 | 90.24 | 14.96 | 0.166 | 0.047 | 46.74 | 82.1 | 0.011 | 0.96 | 564.68 | 549.72 | 564.68 | 563.72 | 0.00 | 14.00 | OK! | 0.95 | OK |
| P2 | 0.000 | 5.020 | 26.62 | 2.34 | 0.088 | 0.053 | 53.24 | 82.1 | 0.011 | 0.28 | 549.72 | 547.38 | 563.72 | 563.43 | 14.00 | 16.05 | OK! | 0.95 | OK |
| P3 | 0.000 | 5.020 | 18.74 | 1.14 | 0.061 | 0.057 | 57.42 | 82.1 | 0.011 | 0.20 | 547.38 | 546.24 | 563.43 | 563.23 | 16.05 | 16.99 | OK! | 0.95 | OK |
| P4 | 0.000 | 5.020 | 72.53 | 5.03 | 0.069 | 0.056 | 55.90 | 82.1 | 0.011 | 0.77 | 546.24 | 541.21 | 563.23 | 562.46 | 16.99 | 21.25 | OK! | 0.95 | OK |
| P5 | 0.000 | 5.020 | 32.97 | 3.12 | 0.095 | 0.052 | 52.44 | 82.1 | 0.011 | 0.35 | 541.21 | 538.09 | 562.11 | 561.76 | 20.90 | 23.67 | OK! | 0.95 | OK |
| P6 | 0.000 | 5.020 | 71.19 | 4.80 | 0.067 | 0.056 | 56.22 | 82.1 | 0.011 | 0.76 | 538.09 | 533.29 | 561.76 | 561.00 | 23.67 | 27.71 | OK! | 0.95 | OK |
| P7 | 0.000 | 5.020 | 179.49 | 10.33 | 0.058 | 0.058 | 58.08 | 82.1 | 0.011 | 1.91 | 533.29 | 522.96 | 561.00 | 559.08 | 27.71 | 36.12 | OK! | 0.95 | OK |
| P8 | 0.000 | 5.020 | 20.51 | 1.51 | 0.074 | 0.055 | 55.21 | 82.1 | 0.011 | 0.22 | 522.96 | 521.45 | 559.08 | 558.87 | 36.12 | 37.42 | OK! | 0.95 | OK |
| P9 | 0.000 | 5.020 | 52.92 | 2.94 | 0.056 | 0.059 | 58.50 | 82.1 | 0.011 | 0.56 | 521.45 | 518.51 | 558.87 | 558.30 | 37.42 | 39.79 | OK! | 0.95 | OK |
| P10 | 0.000 | 5.020 | 15.97 | -0.15 | -0.009 | 0.084 | 84.27 | 82.1 | 0.011 | 0.17 | 518.51 | 518.66 | 558.30 | 558.13 | 39.79 | 39.47 | OK! | 0.95 | OK |
| P11 | 0.071 | 5.020 | 77.14 | 0.75 | 0.010 | 0.084 | 83.67 | 82.1 | 0.011 | 0.82 | 518.66 | 517.91 | 558.13 | 557.31 | 39.47 | 39.40 | OK! | 0.95 | OK |
| P12 | 0.000 | 0.401 | 3.07 | 0.12 | 0.039 | 0.024 | 24.05 | 29.4 | 0.015 | 0.05 | 517.91 | 517.79 | 557.31 | 557.26 | 39.40 | 39.47 | OK! | 0.59 | OK |
| P13 | 0.000 | 0.401 | 15.42 | -0.80 | -0.052 | 0.023 | 22.69 | 29.4 | 0.015 | 0.23 | 517.79 | 518.59 | 557.26 | 557.04 | 39.47 | 38.45 | OK! | 0.59 | OK |
| P14 | 0.000 | 0.306 | 1.20 | -0.07 | -0.058 | 0.020 | 20.00 | 29.4 | 0.009 | 0.01 | 518.59 | 518.66 | 557.04 | 557.03 | 38.45 | 38.37 | OK! | 0.45 | OK |
| P15 | 0.000 | 0.306 | 27.19 | -2.99 | -0.110 | 0.018 | 17.56 | 29.4 | 0.009 | 0.24 | 518.66 | 521.65 | 557.03 | 556.78 | 38.37 | 35.13 | OK! | 0.45 | OK |
| P16 | 0.000 | 0.306 | 56.21 | -8.32 | -0.148 | 0.017 | 16.52 | 29.4 | 0.009 | 0.50 | 521.65 | 529.97 | 556.78 | 556.28 | 35.13 | 26.31 | OK! | 0.45 | OK |
| P17 | 0.000 | 0.306 | 19.54 | 1.31 | 0.067 | 0.019 | 19.44 | 29.4 | 0.009 | 0.17 | 529.97 | 528.66 | 556.28 | 556.11 | 26.31 | 27.45 | OK! | 0.45 | OK |
| P18 | 0.000 | 0.306 | 55.89 | 3.36 | 0.060 | 0.020 | 19.88 | 29.4 | 0.009 | 0.50 | 528.66 | 525.3 | 556.11 | 555.61 | 27.45 | 30.31 | OK! | 0.45 | OK |
| P19 | 0.306 | 0.306 | 181.90 | -18.73 | -0.103 | 0.018 | 17.80 | 29.4 | 0.009 | 1.63 | 525.3 | 544.03 | 555.61 | 553.98 | 30.31 | 9.95 | Error | 0.45 | OK |
| P20 | 0.000 | 0.094 | 41.49 | 0.64 | 0.015 | 0.017 | 16.79 | 22.9 | 0.003 | 0.14 | 518.59 | 517.95 | 557.04 | 556.90 | 38.45 | 38.95 | OK! | 0.23 | OK |
| P21 | 0.000 | 0.094 | 58.54 | 4.60 | 0.079 | 0.012 | 12.02 | 22.9 | 0.003 | 0.20 | 517.95 | 513.35 | 556.90 | 556.70 | 38.95 | 43.35 | OK! | 0.23 | OK |
| P22 | 0.094 | 0.094 | 62.29 | 4.42 | 0.071 | 0.012 | 12.27 | 22.9 | 0.003 | 0.21 | 513.35 | 508.93 | 556.70 | 556.48 | 43.35 | 47.55 | OK! | 0.23 | OK |
| P23 - 1 | 0.000 | 4.549 | 13.78 | 0.63 | 0.046 | 0.059 | 58.64 | 82.1 | 0.009 | 0.12 | 517.91 | 517.28 | 557.31 | 557.19 | 39.40 | 39.91 | OK! | 0.86 | OK |
| P23 - 2 | 0.000 | 4.549 | 13.78 | 0.64 | 0.046 | 0.058 | 58.45 | 82.1 | 0.009 | 0.12 | 517.28 | 516.64 | 527.28 | 527.16 | 10.00 | 10.52 | OK! | 0.86 | OK |
| P24 | 0.189 | 4.549 | 68.89 | 5.23 | 0.076 | 0.053 | 52.85 | 82.1 | 0.009 | 0.61 | 516.64 | 511.41 | 527.16 | 526.55 | 10.52 | 15.14 | OK! | 0.86 | OK |
| P25 | 0.024 | 4.360 | 45.65 | 4.12 | 0.090 | 0.050 | 50.19 | 82.1 | 0.008 | 0.37 | 511.41 | 507.29 | 526.55 | 526.17 | 15.14 | 18.88 | OK! | 0.82 | OK |
| P26 | 0.047 | 4.337 | 26.43 | 3.88 | 0.147 | 0.045 | 45.33 | 82.1 | 0.008 | 0.21 | 507.29 | 503.41 | 526.17 | 525.96 | 18.88 | 22.55 | OK! | 0.82 | OK |
| P27 | 0.000 | 0.683 | 90.99 | 5.17 | 0.057 | 0.027 | 27.28 | 55.6 | 0.002 | 0.16 | 503.41 | 498.24 | 525.96 | 525.79 | 22.55 | 27.55 | OK! | 0.28 | OK |
| P28 | 0.000 | 0.683 | 62.06 | 6.23 | 0.100 | 0.024 | 24.27 | 55.6 | 0.002 | 0.11 | 498.24 | 492.01 | 525.79 | 525.68 | 27.55 | 33.67 | OK! | 0.28 | OK |
| P29 | 0.000 | 0.354 | 186.24 | 2.73 | 0.015 | 0.028 | 28.04 | 29.4 | 0.012 | 2.17 | 492.01 | 489.28 | 525.68 | 523.52 | 33.67 | 34.24 | OK! | 0.52 | OK |
| P30 | 0.000 | 0.354 | 227.91 | 13.92 | 0.061 | 0.021 | 20.92 | 29.4 | 0.012 | 2.65 | 489.28 | 475.36 | 523.52 | 520.86 | 34.24 | 45.50 | OK! | 0.52 | OK |
| P31 | 0.354 | 0.354 | 82.12 | 7.62 | 0.093 | 0.019 | 19.20 | 29.4 | 0.012 | 0.96 | 475.36 | 467.74 | 520.86 | 519.90 | 45.50 | 52.16 | OK! | 0.52 | OK |
| P32 | 0.000 | 0.330 | 32.06 | 2.17 | 0.068 | 0.020 | 19.95 | 29.4 | 0.010 | 0.33 | 492.01 | 489.84 | 525.68 | 525.36 | 33.67 | 35.52 | OK! | 0.49 | OK |
| P33 | 0.000 | 0.330 | 44.09 | 4.46 | 0.101 | 0.018 | 18.37 | 29.4 | 0.010 | 0.45 | 489.84 | 485.38 | 525.36 | 524.90 | 35.52 | 39.52 | OK! | 0.49 | OK |
| P34 | 0.330 | 0.330 | 164.44 | 7.69 | 0.047 | 0.022 | 21.53 | 29.4 | 0.010 | 1.69 | 485.38 | 477.69 | 524.90 | 523.22 | 39.52 | 45.53 | OK! | 0.49 | OK |
| P35 | 0.024 | 3.606 | 12.02 | 1.79 | 0.149 | 0.042 | 42.13 | 83.4 | 0.005 | 0.06 | 503.41 | 501.62 | 525.96 | 525.89 | 22.55 | 24.27 | OK! | 0.66 | OK |
| P36 | 0.000 | 0.118 | 48.76 | -2.04 | -0.042 | 0.015 | 14.89 | 22.9 | 0.005 | 0.25 | 501.62 | 503.66 | 525.89 | 525.64 | 24.27 | 21.98 | OK! | 0.29 | OK |
| P37 | 0.118 | 0.118 | 58.96 | -8.54 | -0.145 | 0.012 | 11.54 | 22.9 | 0.005 | 0.30 | 503.66 | 512.2 | 525.64 | 525.34 | 21.98 | 13.14 | OK! | 0.29 | OK |
| P38 | 0.141 | 3.465 | 63.41 | -0.71 | -0.011 | 0.071 | 70.59 | 83.4 | 0.005 | 0.32 | 501.62 | 502.33 | 525.89 | 525.58 | 24.27 | 23.25 | OK! | 0.63 | OK |
| P39 | 0.000 | 2.286 | 7.90 | -0.63 | -0.080 | 0.040 | 40.28 | 82.1 | 0.002 | 0.02 | 502.33 | 502.96 | 525.58 | 525.56 | 23.25 | 22.60 | OK! | 0.43 | OK |
| P40 | 0.047 | 1.673 | 24.06 | -0.88 | -0.037 | 0.042 | 41.98 | 82.1 | 0.001 | 0.03 | 502.96 | 503.84 | 525.56 | 525.52 | 22.60 | 21.68 | OK! | 0.32 | OK |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|------|---------|
| P41 | 0.094 | 1.626 | 65.57 | 4.42 | 0.067 | 0.037 | 36.63 | 82.1 | 0.001 | 0.09 | 503.84 | 499.42 | 525.52 | 525.44 | 21.68 | 26.02 | OK! | 0.31 | OK |
| P42 | 0.165 | 1.532 | 58.66 | 5.41 | 0.092 | 0.034 | 33.57 | 82.1 | 0.001 | 0.07 | 499.42 | 494.01 | 525.44 | 525.37 | 26.02 | 31.36 | OK! | 0.29 | OK |
| P43 | 0.000 | 1.367 | 6.97 | 0.47 | 0.067 | 0.034 | 34.28 | 55.6 | 0.006 | 0.04 | 494.01 | 493.54 | 525.37 | 525.32 | 31.36 | 31.78 | OK! | 0.56 | OK |
| P44 | 0.047 | 1.037 | 32.00 | 2.68 | 0.084 | 0.030 | 29.52 | 55.6 | 0.004 | 0.12 | 493.54 | 490.86 | 525.32 | 525.20 | 31.78 | 34.34 | OK! | 0.43 | OK |
| P45 | 0.024 | 0.495 | 35.02 | 4.76 | 0.136 | 0.020 | 20.17 | 55.6 | 0.001 | 0.03 | 490.86 | 486.1 | 525.20 | 525.17 | 34.34 | 39.07 | OK! | 0.20 | OK |
| P46 | 0.000 | 0.283 | 164.12 | 13.21 | 0.080 | 0.018 | 18.16 | 29.4 | 0.008 | 1.26 | 486.1 | 472.89 | 525.17 | 523.90 | 39.07 | 51.01 | OK! | 0.42 | OK |
| P47 | 0.283 | 0.283 | 94.65 | 2.90 | 0.031 | 0.022 | 22.14 | 29.4 | 0.008 | 0.73 | 472.89 | 469.99 | 523.90 | 523.17 | 51.01 | 53.18 | OK! | 0.42 | OK |
| P48 | 0.000 | 0.189 | 15.74 | 0.47 | 0.030 | 0.019 | 19.08 | 29.4 | 0.004 | 0.06 | 486.1 | 485.63 | 525.17 | 525.11 | 39.07 | 39.48 | OK! | 0.28 | OK |
| P49 | 0.000 | 0.189 | 12.98 | 1.23 | 0.095 | 0.015 | 15.05 | 29.4 | 0.004 | 0.05 | 485.63 | 484.4 | 525.11 | 525.06 | 39.48 | 40.66 | OK! | 0.28 | OK |
| P50 | 0.189 | 0.189 | 52.41 | 6.34 | 0.121 | 0.014 | 14.32 | 29.4 | 0.004 | 0.19 | 484.4 | 478.06 | 525.06 | 524.87 | 40.66 | 46.81 | OK! | 0.28 | OK |
| P51 | 0.401 | 0.495 | 97.58 | 0.58 | 0.006 | 0.038 | 38.36 | 29.4 | 0.022 | 2.12 | 490.86 | 490.28 | 525.20 | 523.08 | 34.34 | 32.80 | OK! | 0.73 | OK |
| P52 | 0.094 | 0.094 | 35.04 | 4.97 | 0.142 | 0.011 | 10.65 | 29.4 | 0.001 | 0.04 | 490.28 | 485.31 | 523.08 | 523.05 | 32.80 | 37.74 | OK! | 0.14 | V. baja |
| P53 | 0.141 | 0.330 | 95.12 | 1.27 | 0.013 | 0.028 | 27.85 | 29.4 | 0.010 | 0.97 | 493.54 | 492.27 | 525.32 | 524.35 | 31.78 | 32.08 | OK! | 0.49 | OK |
| P54 | 0.189 | 0.189 | 65.09 | 5.62 | 0.086 | 0.015 | 15.34 | 29.4 | 0.004 | 0.24 | 492.27 | 486.65 | 524.35 | 524.11 | 32.08 | 37.46 | OK! | 0.28 | OK |
| P55 | 0.000 | 0.613 | 38.46 | -0.88 | -0.023 | 0.032 | 31.55 | 55.6 | 0.001 | 0.06 | 502.96 | 503.84 | 525.56 | 525.50 | 22.60 | 21.66 | OK! | 0.25 | OK |
| P56 | 0.141 | 0.613 | 11.49 | 0.02 | 0.002 | 0.054 | 53.54 | 55.6 | 0.001 | 0.02 | 503.84 | 503.82 | 525.50 | 525.48 | 21.66 | 21.66 | OK! | 0.25 | OK |
| P57 | 0.000 | 0.330 | 97.29 | 0.37 | 0.004 | 0.036 | 36.04 | 55.6 | 0.000 | 0.04 | 503.82 | 503.45 | 525.48 | 525.44 | 21.66 | 21.99 | OK! | 0.14 | V. baja |
| P58 | 0.000 | 0.330 | 102.85 | 1.79 | 0.017 | 0.026 | 26.37 | 55.6 | 0.000 | 0.05 | 503.45 | 501.66 | 525.44 | 525.39 | 21.99 | 23.73 | OK! | 0.14 | V. baja |
| P59 | 0.330 | 0.330 | 27.11 | 1.69 | 0.062 | 0.020 | 20.29 | 55.6 | 0.000 | 0.01 | 501.66 | 499.97 | 525.39 | 525.38 | 23.73 | 25.41 | OK! | 0.14 | V. baja |
| P60 | 0.000 | 0.141 | 12.87 | -0.02 | -0.002 | 0.031 | 31.38 | 29.4 | 0.002 | 0.03 | 503.82 | 503.84 | 525.48 | 525.46 | 21.66 | 21.62 | OK! | 0.21 | OK |
| P61 | 0.141 | 0.141 | 67.68 | 5.56 | 0.082 | 0.014 | 13.89 | 29.4 | 0.002 | 0.14 | 503.84 | 498.28 | 525.46 | 525.31 | 21.62 | 27.03 | OK! | 0.21 | OK |
| P62 | 0.071 | 1.037 | 24.86 | -1.44 | -0.058 | 0.032 | 31.84 | 55.6 | 0.004 | 0.10 | 502.33 | 503.77 | 525.58 | 525.48 | 23.25 | 21.71 | OK! | 0.43 | OK |
| P63 | 0.000 | 0.966 | 124.37 | 1.40 | 0.011 | 0.043 | 43.39 | 55.6 | 0.003 | 0.42 | 503.77 | 502.37 | 525.48 | 525.06 | 21.71 | 22.69 | OK! | 0.40 | OK |
| P64 | 0.259 | 0.966 | 20.59 | -1.47 | -0.071 | 0.030 | 29.70 | 55.6 | 0.003 | 0.07 | 502.37 | 503.84 | 525.06 | 524.99 | 22.69 | 21.15 | OK! | 0.40 | OK |
| P65 | 0.000 | 0.448 | 86.67 | 2.23 | 0.026 | 0.027 | 27.33 | 55.6 | 0.001 | 0.07 | 503.84 | 501.61 | 524.99 | 524.92 | 21.15 | 23.31 | OK! | 0.18 | OK |
| P66 | 0.000 | 0.448 | 29.38 | 1.22 | 0.042 | 0.025 | 24.78 | 55.6 | 0.001 | 0.02 | 501.61 | 500.39 | 524.92 | 524.90 | 23.31 | 24.51 | OK! | 0.18 | OK |
| P67 | 0.448 | 0.448 | 179.60 | 6.37 | 0.035 | 0.026 | 25.59 | 55.6 | 0.001 | 0.15 | 500.39 | 494.02 | 524.90 | 524.75 | 24.51 | 30.73 | OK! | 0.18 | OK |
| P68 | 0.000 | 0.259 | 6.25 | 0.19 | 0.030 | 0.021 | 21.46 | 29.4 | 0.007 | 0.04 | 503.84 | 503.65 | 524.99 | 524.95 | 21.15 | 21.30 | OK! | 0.38 | OK |
| P69 | 0.259 | 0.259 | 97.54 | -1.73 | -0.018 | 0.024 | 23.97 | 29.4 | 0.007 | 0.64 | 503.65 | 505.38 | 524.95 | 524.31 | 21.30 | 18.93 | OK! | 0.38 | OK |

ANEXO V

PLANOS



LINEA DE CONDUCCIÓN 01

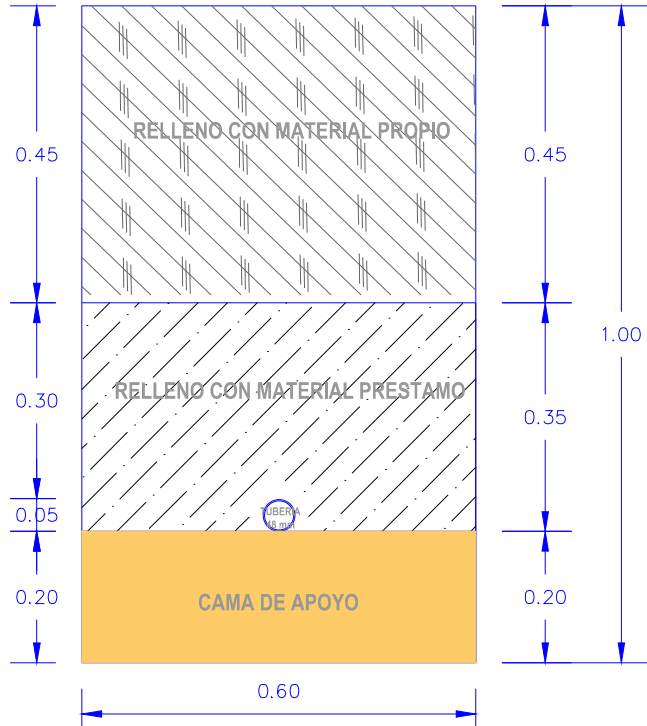
Vista de Planta E: 1/1000

UBICACIÓN

Vista de Planta E: 1/15000



| PROGRESIVA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| NIVEL DE TERRENO (msnm) | 804.68 | 796.25 | 796.86 | 796.55 | 777.87 | 780.29 | 782.81 | 784.42 | 787.15 | 791.19 | 794.49 | 791.42 | 795.35 | 793.39 | 794.49 | 796.55 |
| DISTANCIA PARCIAL (m) | | 22.67m | | 43.79m | | 30.285m | | 18.541m | | | | | 118.68m | | | |
| DISTANCIA ACUMULADA (m) | 0.00m | 22.67m | | 66.47m | | 97.07m | | 115.61m | | 115.61m | | | 115.61m | | 31.51m | 29.27m |
| DIÁMETRO/MATERIAL/CLASE | | | | | | | | | | | | | | | | |



Sección DN 44.4 mm

LINEA DE CONDUCCIÓN 01

Perfil Longitudinal - Escala horizontal: 1/2000

- Escala vertical: 1/750

PROYECTO DE TESIS:

"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES DE CULQUI Y CULQUI ALTO, EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA

PLANO:

LINEA DE CONDUCCIÓN 01
VISTA DE PLANTA - PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA:

INDICADA

UBICACIÓN:

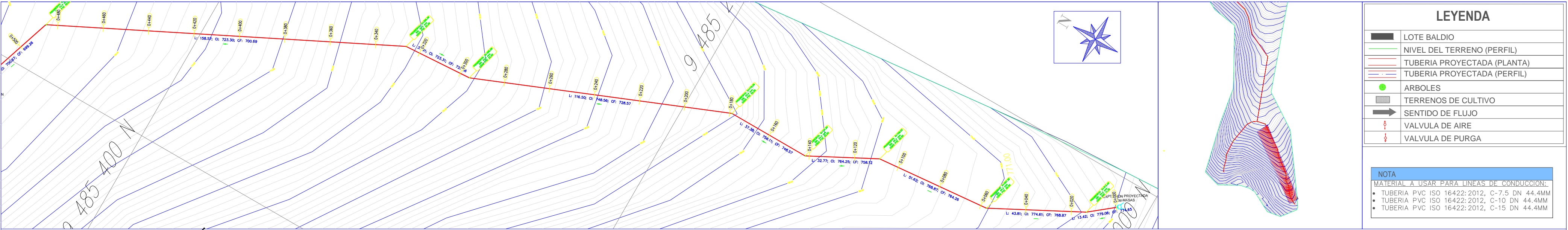
DISTRITO: PAIMAS

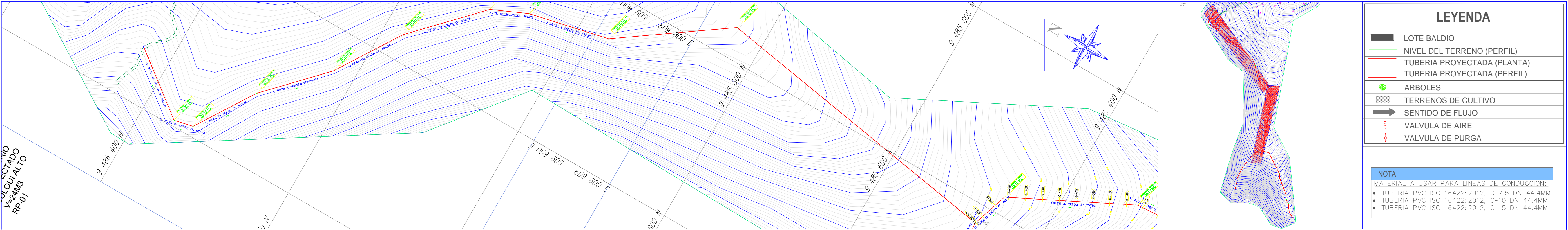
PROVINCIA: AYABACA

DEPARTAMENTO: PIURA

FECHA:

FEB 2018



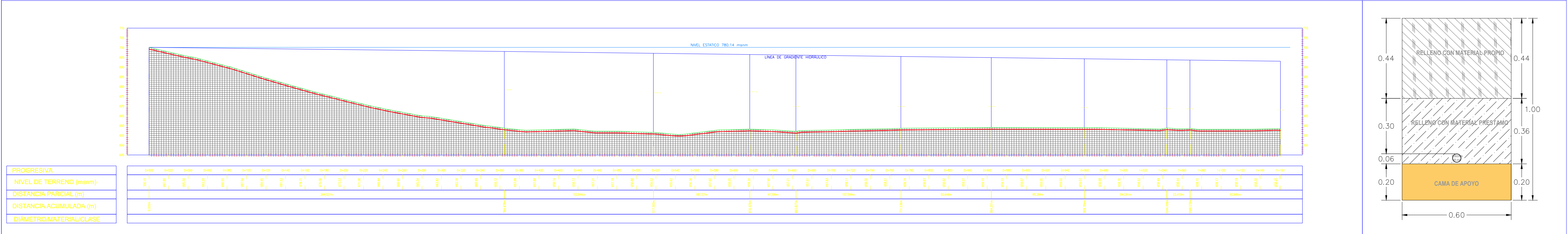


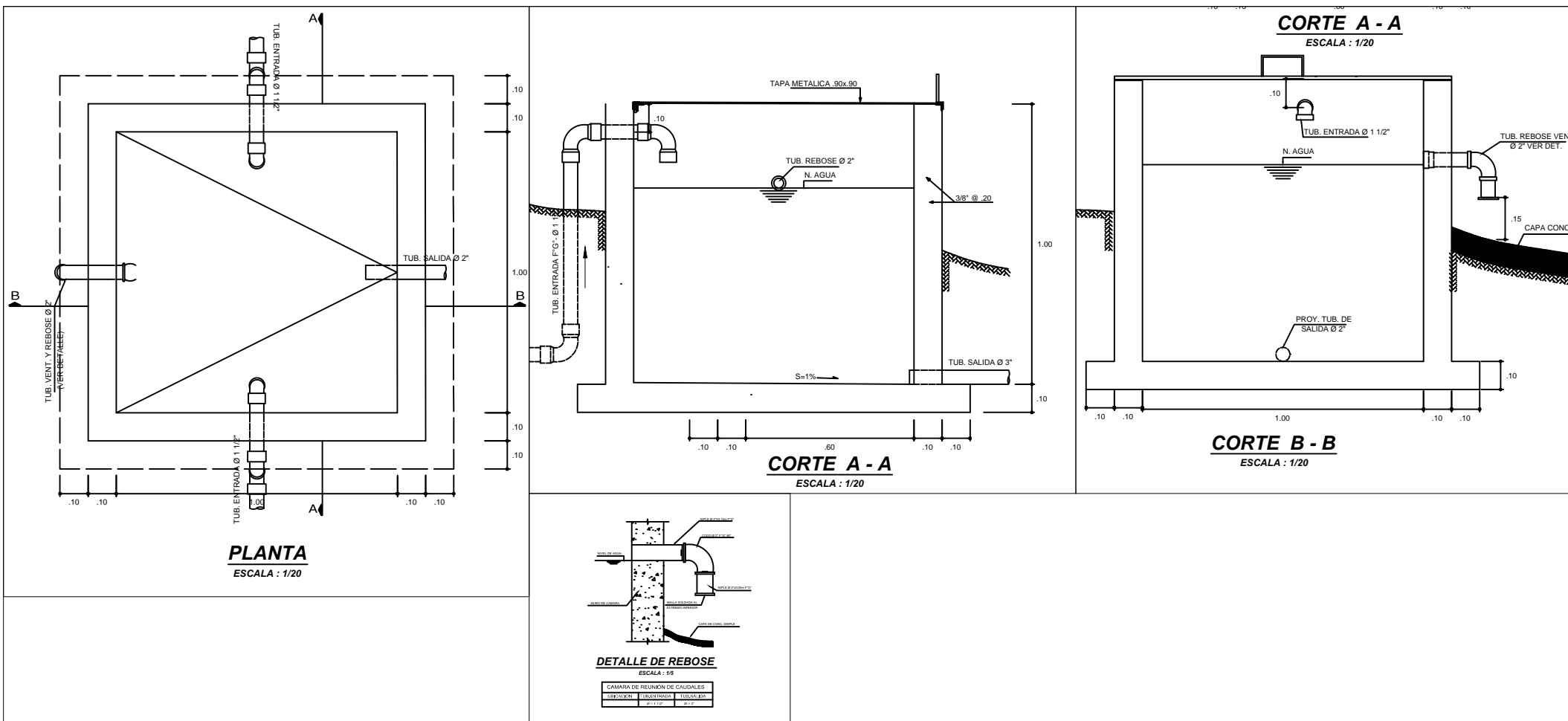
LINEA DE CONDUCCIÓN 03

Vista de Planta E: 1/1000

UBICACIÓN

Vista de Planta E: 1/15000





PROYECTO DE TESIS:

"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES DE CULQUI Y CULQUI ALTO, EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA

PLANO:

CÁMARA DE REUNIÓN
CULQUI ALTO

ESCALA:

1/20

UBICACIÓN:

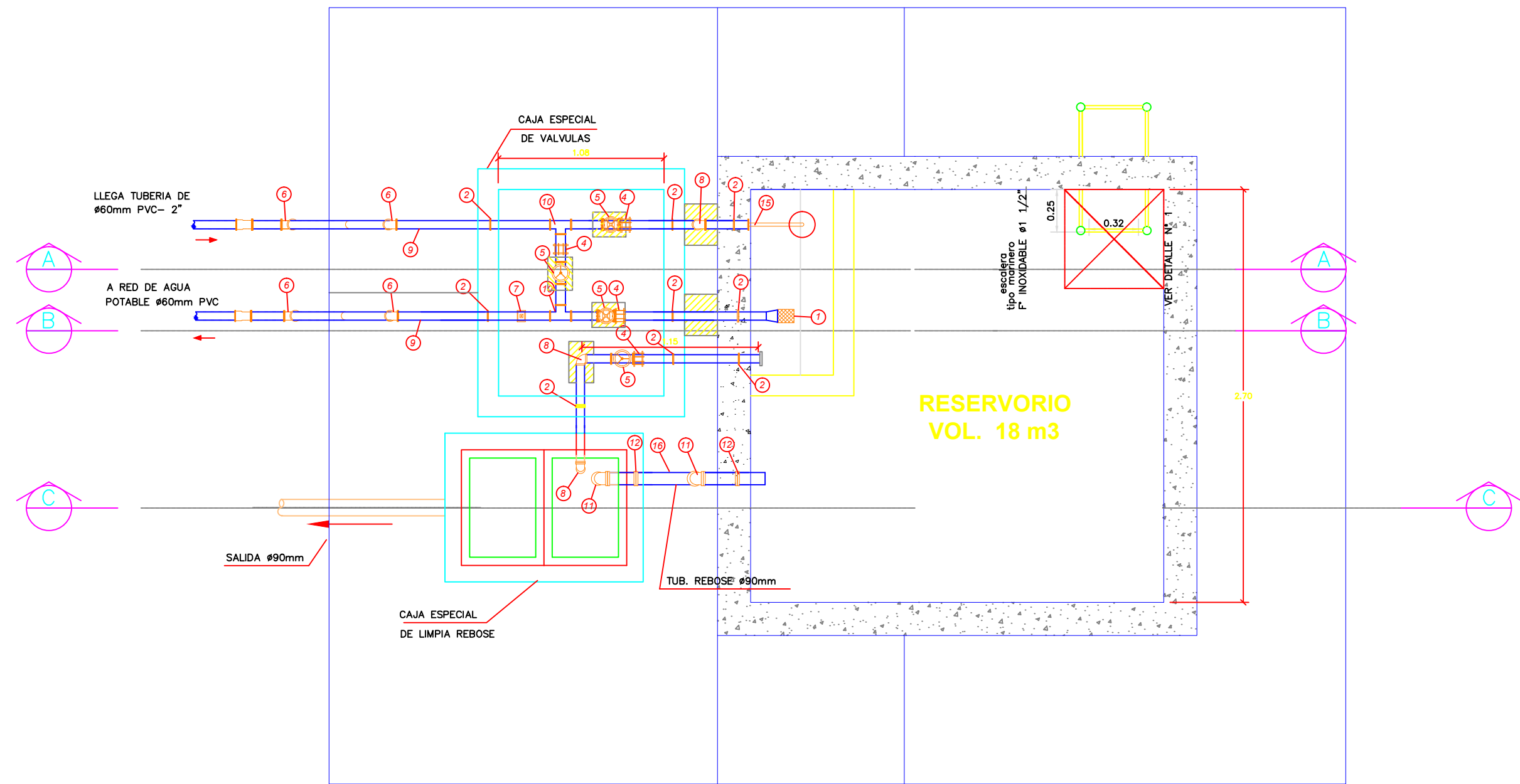
DISTRITO: PAIMAS

PROVINCIA: AYABACA

DEPARTAMENTO: PIURA

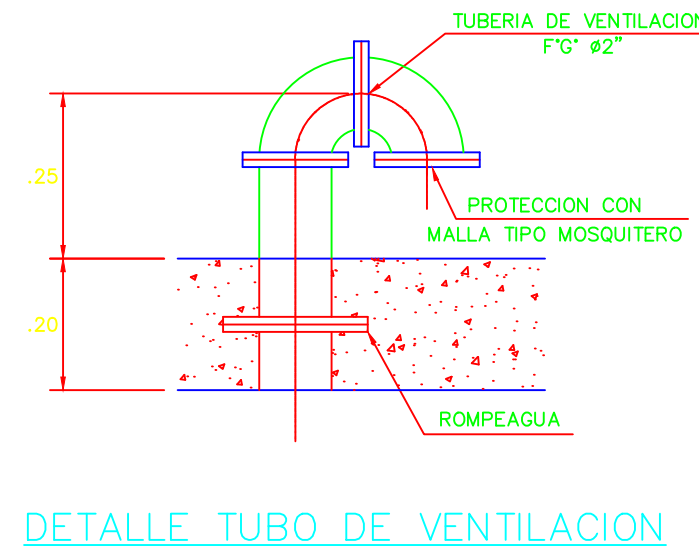
FECHA:

FEB 2018



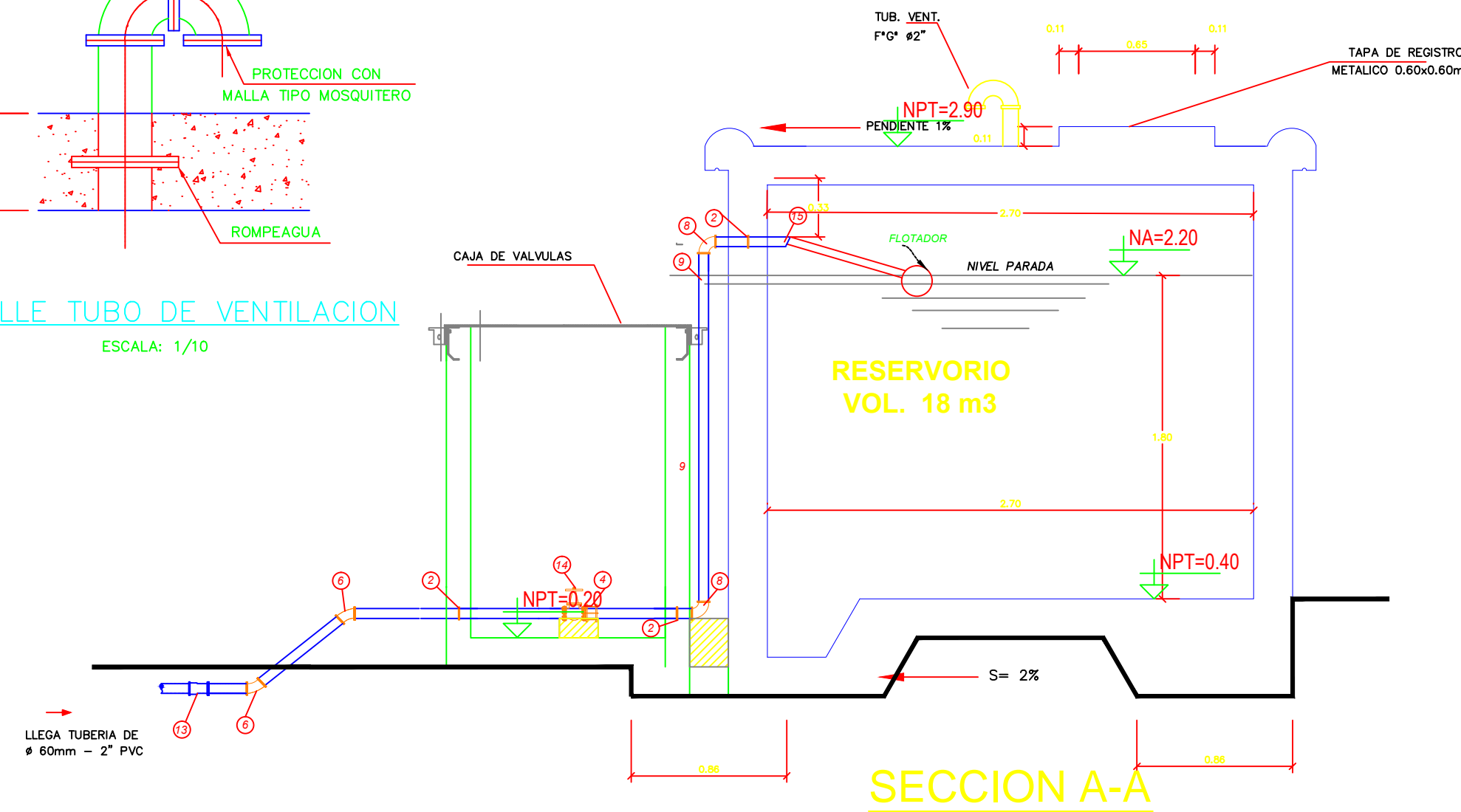
PLANTA GENERAL (Vol=18m3)

ESCALA: 1/25

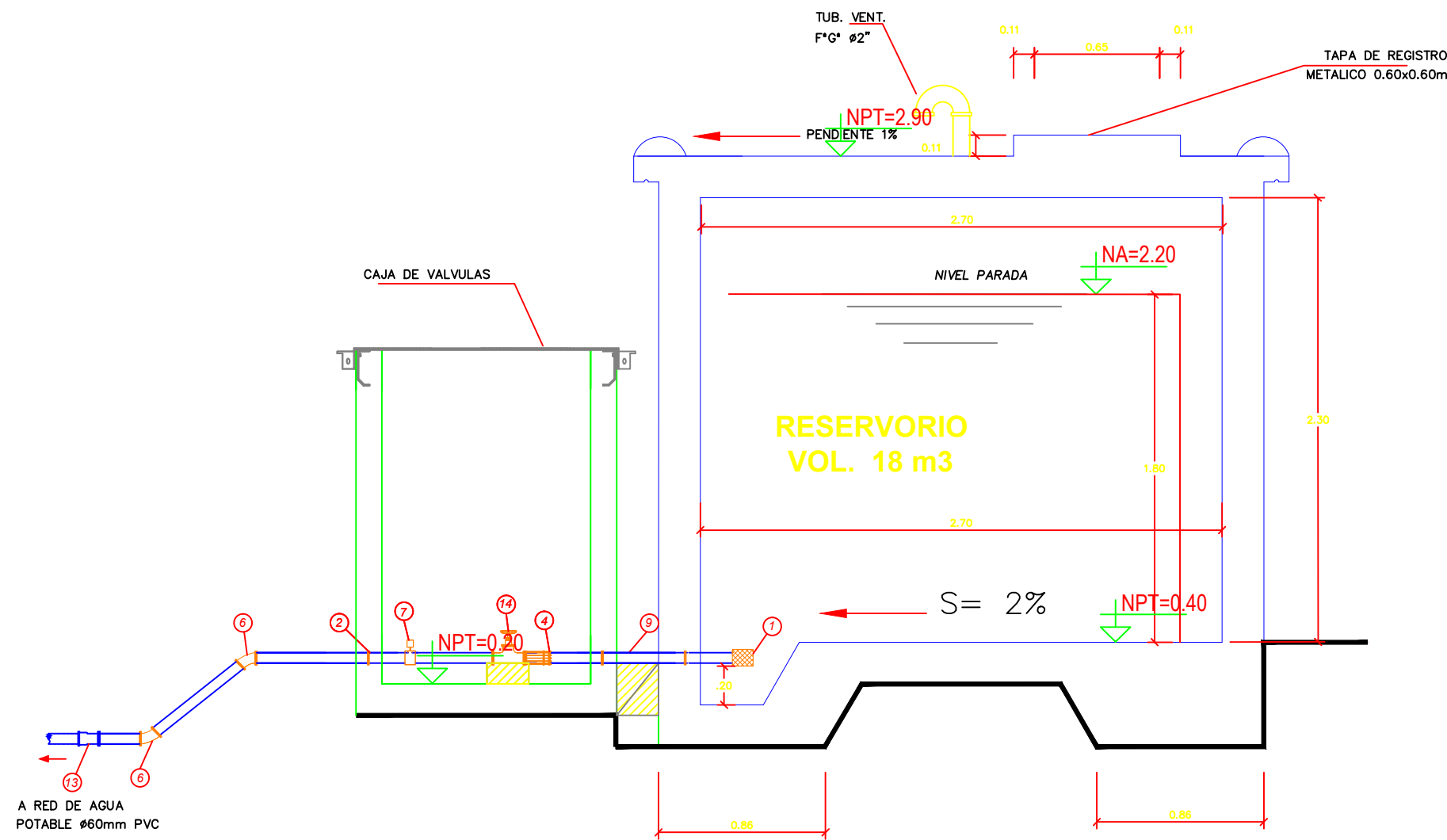


DETALLE TUBO DE VENTILACION

ESCALA: 1/10

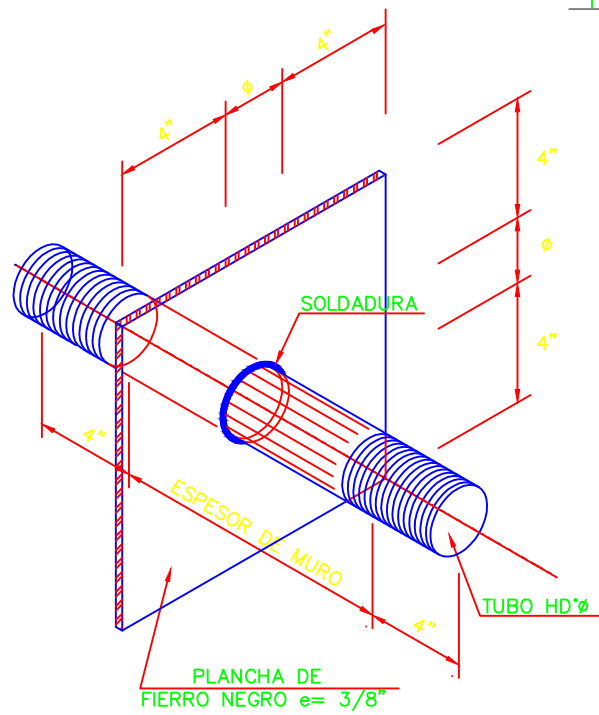


SECCION A-A

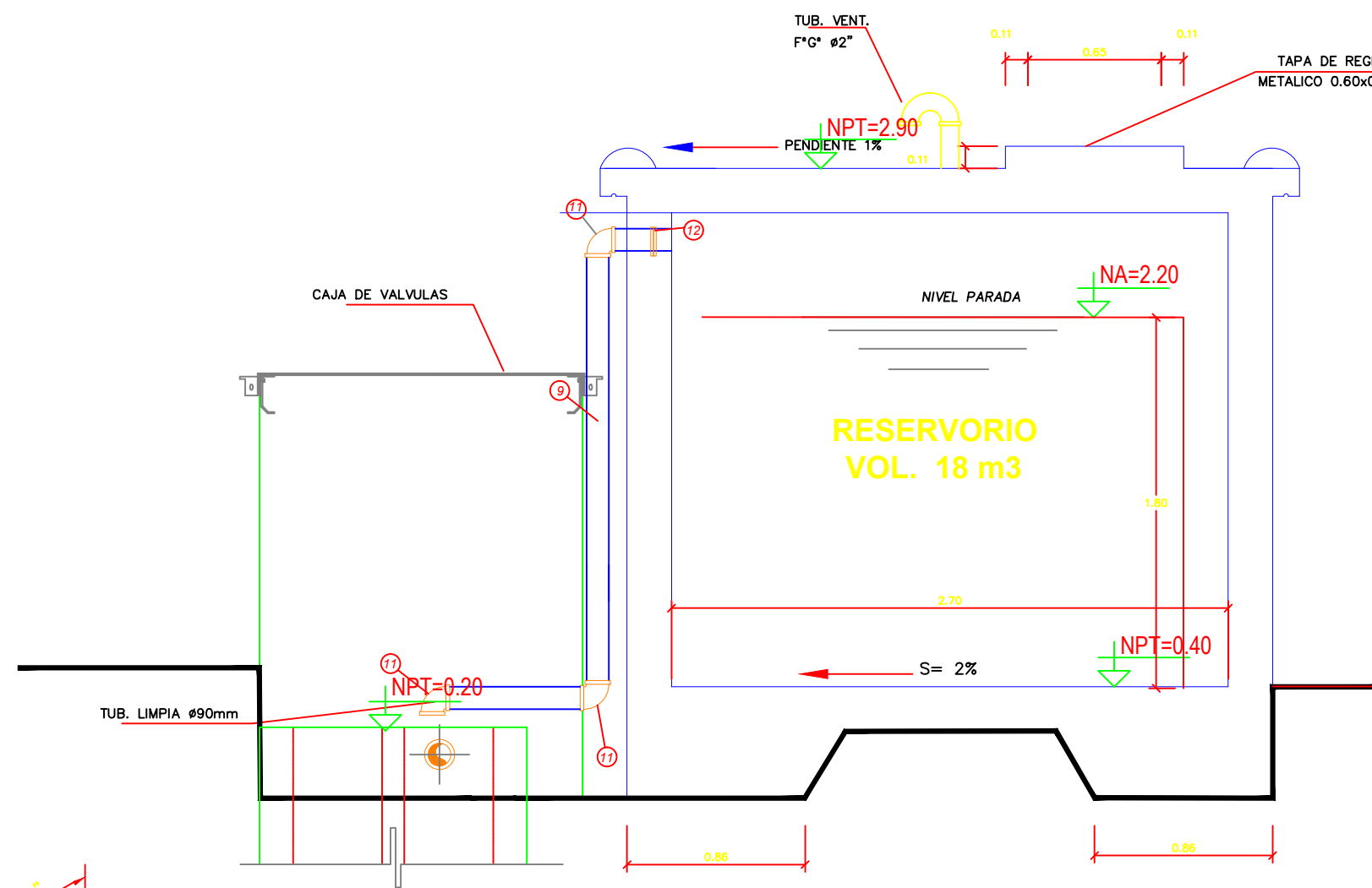


SECCION B-B

INSTALACIONES HIDRAULICAS

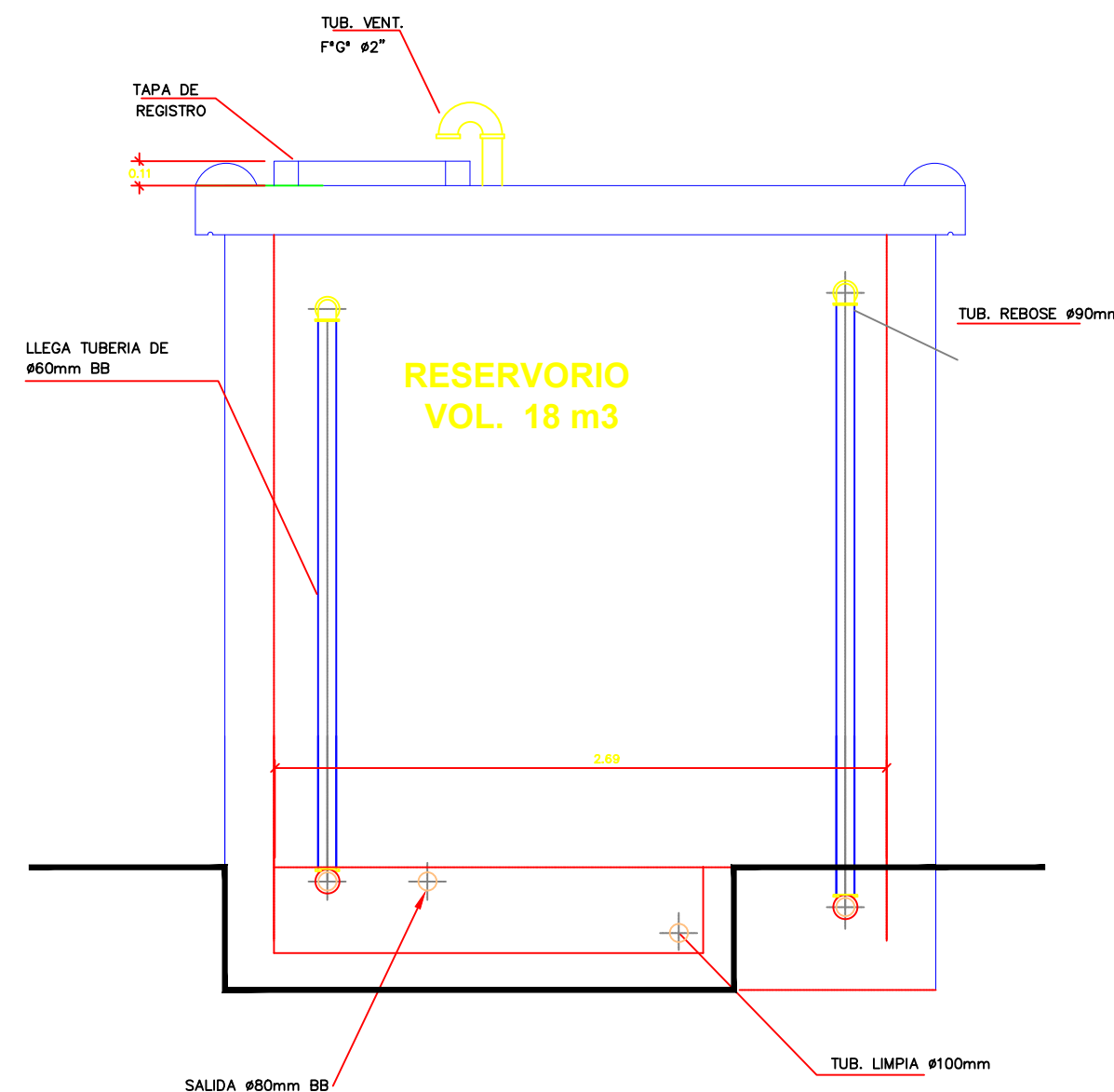


DETALLE DE ROMPEAGUA
SIN/ESCALA



SECCION C-C

| LEYENDA | | |
|---------|--|--------|
| Nº | DESCRIPCION | CANT |
| 9 | Tubería PVC DN 48-60mm | 10 ml |
| 10 | Tee HD Bridado de 50-60mm | 02 Und |
| 11 | Codo de HD DN 100mm x 90° B.B. | 03 Und |
| 12 | Brida para soldar - Rompe Agua DN 90mm | 01 Und |
| 12 | Transición de Brida LUFLEX DN 90mm | 02 Und |
| 14 | Valvula flotador con boya 80 mm | 01 Und |
| 15 | Tubería Acero SCH-40 DN 100mm BB | 3.5 ml |



ELEVACION PRINCIPAL

| LEYENDA | | |
|---------|---|--------|
| Nº | DESCRIPCION | CANT |
| 1 | Canastilla de Succión DN 60 - acero inox | 01 Und |
| 2 | Brida para soldar - Rompe Agua DN 48 - 60mm | 09 Und |
| 4 | Union Dreeser 48-60 mm | 04 Und |
| 5 | Valvula compuerta BB DN 50 - 60 - HD | 04 Und |
| 6 | Codo de HD DN 50-60 x 45° B.B. | 04 Und |
| 7 | Medidor de caudal Electromagnetico PN 16 BB DN 60mm | 01 Und |
| 8 | Codo de HD DN 90 x 90° B.B. | 04 Und |

PROYECTO DE TESIS:

"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES DE CULQUI Y CULQUI ALTO, EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA

PLANO:

HIDRAULICA - RESERVORIO 18 M3
CULQUI ALTO

ESCALA:

INDICADA

UBICACIÓN:

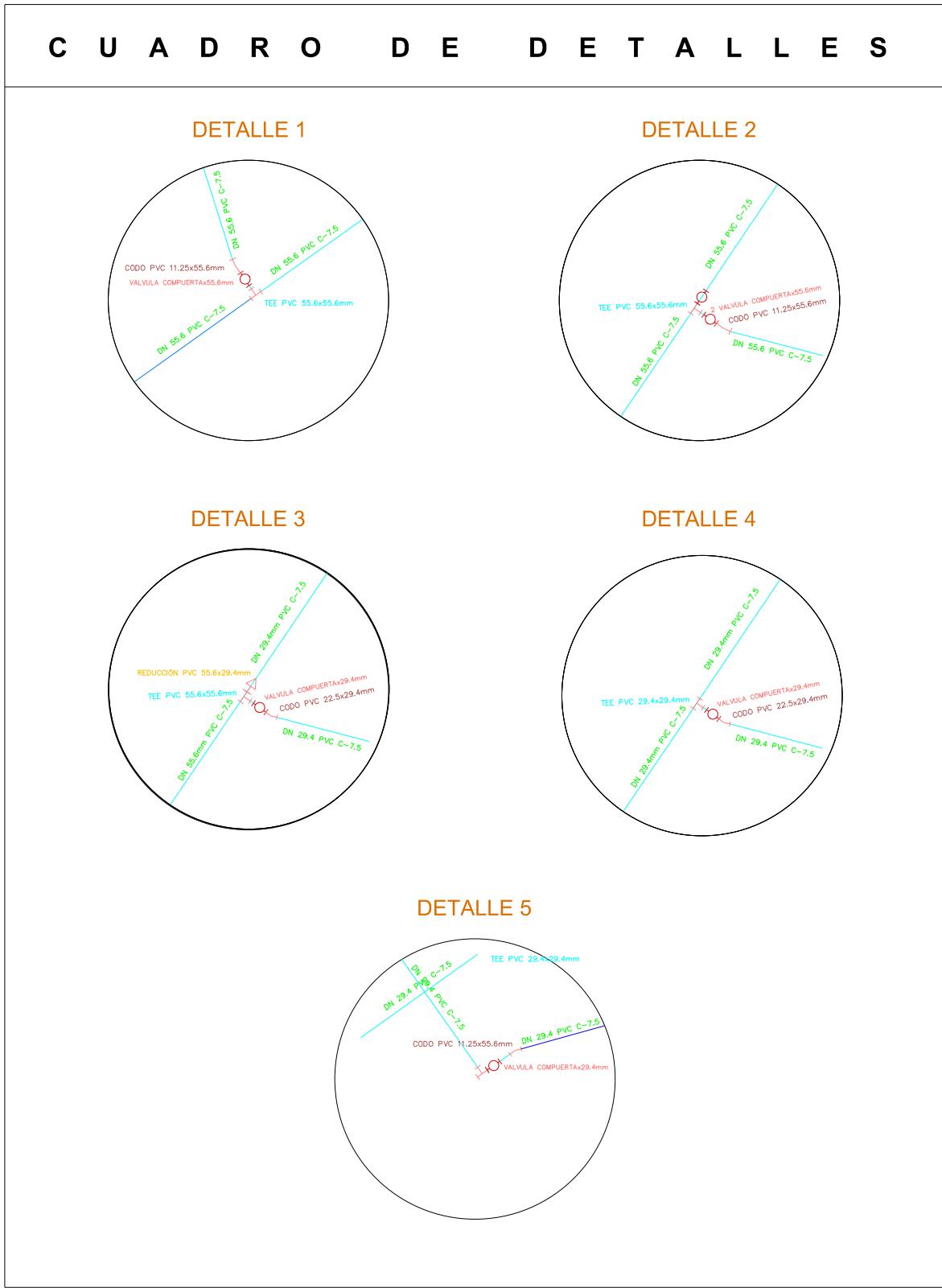
DISTRITO: PAIMAS

PROVINCIA: AYABACA

DEPARTAMENTO: PIURA

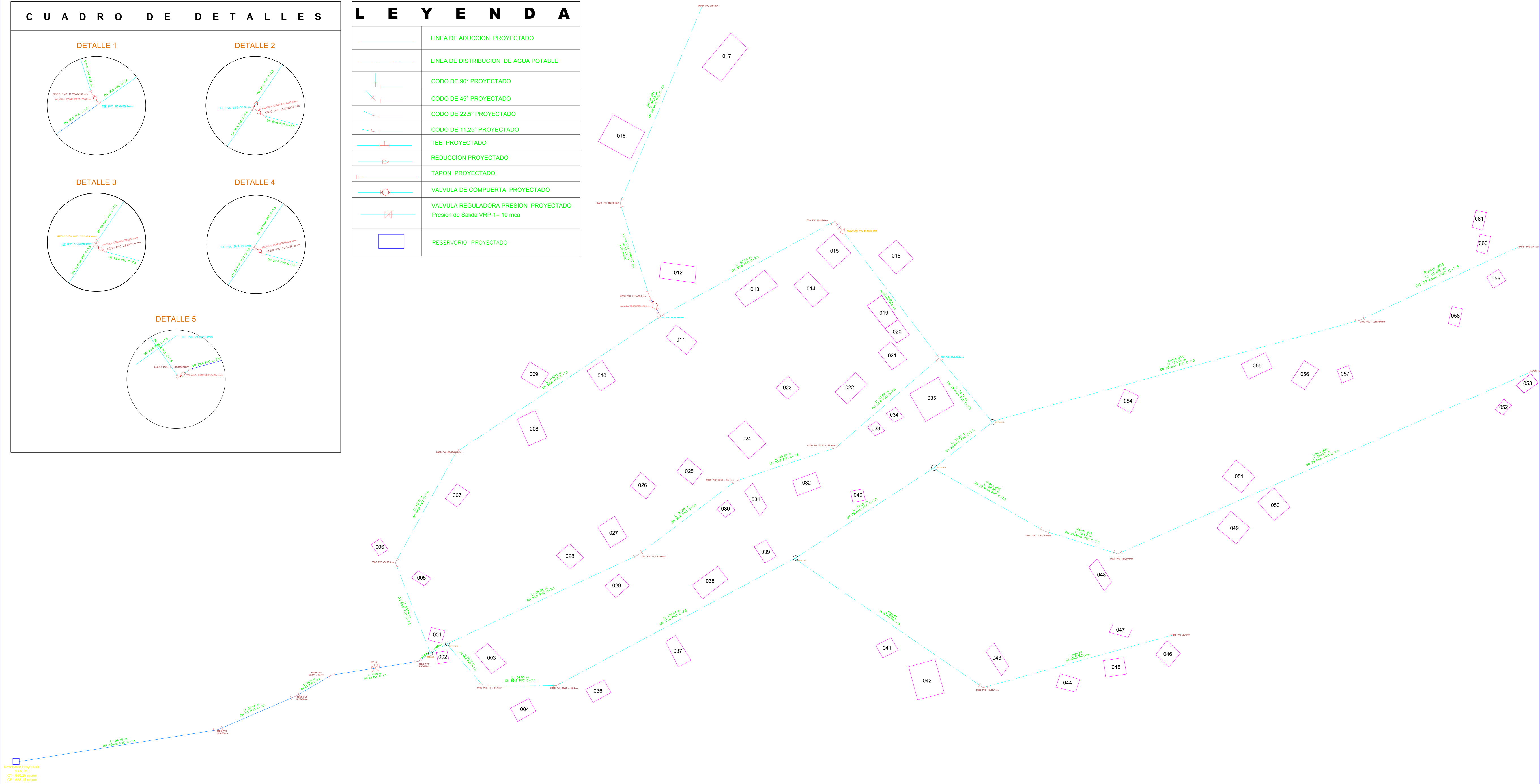
FECHA:

FEB 2018



L E Y E N D A

| | |
|--|--|
| | LINEA DE ADUCCION PROYECTADO |
| | LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE |
| | CODO DE 90° PROYECTADO |
| | CODO DE 45° PROYECTADO |
| | CODO DE 22.5° PROYECTADO |
| | TEE PROYECTADO |
| | REDUCCION PROYECTADO |
| | TAPON PROYECTADO |
| | VALVULA DE COMPUERTA PROYECTADO |
| | VALVULA REGULADORA PRESION PROYECTADO Presión de Salida VRP-1= 10 mca |
| | RESERVORIO PROYECTADO |



| | | | |
|---|---|--|------------------------|
| PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES DE CULQUI Y CULQUI ALTO, EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA" | PLANO: | RED DE DISTRIBUCIÓN DE AP VISTA DE PLANTA | ESCALA: 1/1000 |
| | UBICACIÓN: DISTRITO: PAIMAS PROVINCIA: AYABACA DEPARTAMENTO: PIURA | | FECHA: FEB 2018 |



| | | | |
|--|------------------|--|---------------------|
| PROYECTO DE TESIS: "PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS CENTROS POBLADOS RURALES DE CULQUI Y CULQUI ALTO, EN EL DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA - PIURA | PLANO: | RED DE AGUA POTABLE - CULQUI VISTA DE PLANTA - ACCESORIOS | ESCALA: |
| | UBICACIÓN: | | I/1000 |
| | DISTRITO: PAIMAS | PROVINCIA: AYABACA | DEPARTAMENTO: PIURA |
| | | | FECHA: FEB 2018 |